



TUGAS AKHIR - RE 141581

**ANALISIS MODEL DISPERSI METAN (CH_4) SAAT
EMERGENCY HYDROCARBON RELEASE PADA
JALUR DISTRIBUSI GAS PT. CHEVRON PACIFIC
INDONESIA DENGAN PROGRAM ALOHA**

*ANALYSIS OF METHANE (CH_4) DISPERSION MODEL WHEN
EMERGENCY HYDROCARBON RELEASE ON DISTRIBUTION
LINE OF PT CHEVRON PACIFIC INDONESIA USING ALOHA
PROGRAM*

BIMA SAKTI PRAYITNO
03211440000075

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS MODEL DISPERSI METAN (CH_4) SAAT EMERGENCY HYDROCARBON RELEASE PADA JALUR DISTRIBUSI GAS PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA DENGAN PROGRAM ALOHA

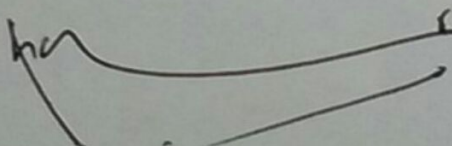
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

BIMA SAKTI PRAYITNO
NRP 03211440000075

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.
NIP 19660166 199703 1 001



ANALISIS MODEL DISPERSI METAN (CH₄) SAAT EMERGENCY HYDROCARBON RELEASE PADA JALUR DISTRIBUSI GAS PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA DENGAN PROGRAM ALOHA

Nama Mahasiswa : Bima Sakti Prayitno
NRP : 03211440000075
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

ABSTRAK

Pipa distribusi pada perusahaan minyak dan gas kebanyakan berada di antar kota sehingga tak jarang pipa tersebut berdekatan dengan pemukiman warga. Kecelakaan pada pipa distribusi bisa berupa ledakan yang disebabkan dari produksi gas yang besar. Salah satu kandungan pada pipa distribusi adalah hidrokarbon. *Emergency hydrocarbon release* merupakan kondisi dimana terjadinya produksi gas hidrokarbon berada diatas rata-rata sehingga memiliki peluang yang besar untuk dalam membahayakan keselamatan manusia.

Penelitian ini menggunakan Program ALOHA 5.4.7 dalam permodelan dispersi yang dihasilkan saat kecelakaan. Pemilihan gas metan dikarenakan gas metan merupakan komposisi yang paling dominan pada gas alam. Program ALOHA menggunakan metode Gauss yang telah dimodifikasi sehingga cocok digunakan dalam metode ini. Selanjutnya hasil dari permodelan akan dianalisa berdasarkan standar baku mutu.

Hasil penelitian berupa manajemen risiko yang dapat dilaksanakan apabila terjadi kecelakaan. Manajemen risiko dibuat berdasarkan model dispersi saat terjadinya kecelakaan, sehingga didapatkan area-area yang terkena bahaya dari hidrokarbon.

Volume *emergency hydrocarbon release* yang didapat adalah sebesar 249,508 m³. Sedangkan jarak terjauh yang dapat terjadi adalah sejauh 0,29 km pada *gas plant* dan 6,6 km pada jalur pipa. Manajemen risiko dan standar operasional prosedur dapat dilihat di lampiran.

Kata Kunci : ALOHA 5.4.7, Dispersi, *Emergency Hydrocarbon Release*, Hidrokarbon, Pipa Distribusi, Manajemen Risiko

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS OF METHANE (CH₄) DISPERSION MODEL WHEN EMERGENCY HYDROCARBON RELEASE ON DISTRIBUTION LINE OF PT CHEVRON PACIFIC INDONESIA USING ALOHA PROGRAM

Student Name : Bima Sakti Prayitno
Student ID : 03211440000075
Department : Teknik Lingkungan
Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.

ABSTRACT

Distribution line in oil and gas companies are mostly located between cities, it is not uncommon for these pipes are located in residential area. It certainly causes a wide impact when an accident occurs. The accident can be an explosion from big amount that gas produced. One of the biggest content in distribution line is hydrocarbon. Pollution from hydrocarbon is dangerous in liquid and gas form. Analysis of hydrocarbon dispersion in emergency hydrocarbon release situation is important. Emergency hydrocarbon release is a condition that the big amount of gas is produced that have big risk to endanger people.

This research use ALOHA 5.4.7 program to modelling the dispersion of gas that produced in an accident. Methan gas is choosen because it is the biggest content of natural gas. ALOHA program use the modification of Gauss formula that fits to use in this research. After that the model result of ALOHA will be analyzed based on quality standard from regulation.

The result of this research is risk management that applicable to do when accident happen. Risk management is created based on dispersion model when accident happen, so it can be determined the area that impact from hydrocarbon cause.

The volume of emergency hydrocarbon release is 249,508 m³. The most far radius of dispersion that can occur is about 0,29 km for gas plant and 6,6 km fot pipeline. Risk management and standard opeational procedures can be seen in appendix.

Keyword: ALOHA 5.4.7, Dispersion, Distribution line Emergency Hydrocarbon Release, Hydrocarbon, Risk management

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpah rahmat, berkah dan Hidayah-Nya hingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dengan judul “Analisis Model Dispersi Metan (CH_4) Saat *Emergency Hydrocarbon Release* pada Jalur Distribusi Gas PT. Chevron Pacific Indonesia dengan Program ALOHA”. Penelitian ini merupakan salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama prosesnya, penyusun banyak mendapat dukungan dari berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, saran-saran dan waktunya kepada penyusun sehingga tugas akhir ini terselesaikan dengan baik
2. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM., Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, MT dan Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., M.Phil., Ph.D., selaku dosen pengarah tugas akhir yang telah memberi bimbingan dan saran kepada penyusun sehingga tugas akhir ini terselesaikan dengan baik
3. Dr. Ali Masduqi, ST., MT., selaku dosen wali selama masa perkuliahan penyusun dan dosen-dosen lain atas waktu diskusi dan saran yang telah diberikan.
4. Keluarga yang selalu mendukung semua kegiatan penyusun.
5. PT. Chevron Pacific Indonesia yang telah membantu kelancaran dari tugas akhir ini.

Penyusunan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan.

Surabaya, 23 Juli 2018

Hormat saya,

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Ruang Lingkup	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Distribusi.....	5
2.2 Komposisi Gas Alam	5
2.3 <i>Emergency Hydrocarbon Release</i>	5
2.4 Dampak Hidrokarbon bagi Kehidupan	6
2.5 Dampak Gas Metan bagi Kehidupan	7
2.6 Model Dispersi Pencemaran Udara.....	7
2.5.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Model Dispersi Pencemaran Udara	8
2.5.2 Model Dispersi Gauss	9
2.5.3 Plume Rise	11
2.7 Program ALOHA.....	11

2.7.1	<i>Threat zone</i>	14
2.7.2	<i>Gas Flammable dan Toxic</i>	14
2.8	Manajemen Risiko	14
2.9	Langkah-Langkah Penggunaan Program ALOHA	15
2.10	Penelitian Terdahulu	20
BAB 3 METODE PENELITIAN		25
3.1	Umum	25
3.2	Kerangka Penelitian.....	26
3.2.1	Latar Belakang Penelitian	27
3.2.2	Merumuskan Ide Penelitian	27
3.2.3	Persiapan Awal	27
3.2.4	Pengumpulan Data	27
3.2.5	Menghitung Volum <i>Hydrocarbon Release</i>	29
3.2.6	Permodelan Dispersi	30
3.2.7	Hubungan dengan Model Lain.....	32
3.2.8	Analisa Model dan Pembahasan	33
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Kebutuhan Data pada ALOHA	37
4.1.1	Data meteorologi	37
4.1.1	Data Emisi.....	38
4.1.2	Data Sumber Emisi	39
4.2	Standar Baku Pembanding	41
4.3	Volume <i>Emergency Hydrocarbon Release</i>	42
4.3.1	Durasi <i>Hydrocarbon Release</i>	42
4.3.2	Volume Hydrocarbon Release	43
4.4	Analisa Dispersi Emisi dengan ALOHA.....	44
4.5	Potensi Negatif Paling besar	51

4.6	Perbandingan Model	53
4.7	Penilaian Potensi Risiko	54
4.8	Manajemen Risiko	57
BAB 5 KESIMPULAN		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		61
BIOGRAFI PENULIS		118

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Visualisasi Persebaran Emisi Model Gauss.....	10
Gambar 2. 2 Panel input data lokasi pada program ALOHA	16
Gambar 2. 3 Panel zat kimia yang akan dianalisa pada Program ALOHA	17
Gambar 2. 4 Panel pertama data meteorologi pada program ALOHA	17
Gambar 2. 5 Panel kedua data meteorologi pada program ALOHA	18
Gambar 2. 6 Panel <i>direct source</i> pada program ALOHA.....	18
Gambar 2. 7 Panel pertama <i>pipeline source</i> pada program ALOHA	19
Gambar 2. 8 Panel kedua <i>pipeline source</i> pada program ALOHA	19
Gambar 2. 9 Panel analisa potensi bahaya pada program ALOHA	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kerangka Penelitian	26
Gambar 4. 1 Peta persebaran dispersi sumber <i>gas plant</i> (<i>flammable</i>)	52
Gambar 4. 2 Peta persebaran dispersi sumber pipa (<i>flammable</i>)	52
Gambar 4. 3 Peta persebaran dispersi sumber pipa (<i>toxic</i>).....	53

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kelas Kestabilan Atmosfir	10
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu yang mendukung	21
Tabel 3. 1 Kebutuhan Data Penelitian.....	28
Tabel 3. 2 Variabel dan besarannya yang akan dianalisa	31
Tabel 3. 3 Matriks skenario untuk permodelan luasan <i>threat</i> <i>zone</i> pada titik pipa.....	31
Tabel 3. 4 Matriks skenario untuk permodelan luasan <i>threat</i> <i>zone</i> pada titik <i>gas plant</i>	32
Tabel 3. 5 <i>Major hazard management plan worksheet</i>	36
Tabel 4. 1 Data meteorologi yang digunakan.....	38
Tabel 4. 2 Rekap data sumber emisi <i>flare (gas plant)</i>	39
Tabel 4. 3 Rekap data sumber emisi pipa.....	39
Tabel 4. 4 Matriks skenario untuk permodelan luasan <i>threat</i> <i>zone</i> pada titik pipa.....	40
Tabel 4. 5 Matriks skenario untuk permodelan luasan <i>threat</i> <i>zone</i> pada titik <i>gas plant</i>	40
Tabel 4. 6 Standar baku pembandingan	41
Tabel 4. 7 Hasil analisis dispersi pada sumber pipa (<i>flammable</i>).....	44
Tabel 4. 8 Hasil analisis dispersi pada sumber pipa (<i>toxic</i>)	45
Tabel 4. 9 Hasil analisis dispersi pada sumber <i>gas plant</i> (<i>flammable</i>).....	46
Tabel 4. 10 Hasil analisis dispersi pada sumber <i>gas plant</i> (<i>toxic</i>).....	47

Tabel 4. 11 Data Verifikasi Model.....	54
Tabel 4. 12 Hasil Penilaian potensi risiko pada <i>gas plant</i>	56
Tabel 4. 13 Hasil Penilaian potensi risiko pada pipa.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

lampiran I Data Meteorologi	65
Lampiran III Hasil Permodelan Aloha	79
Lampiran IV <i>Major Hazard Management Plan Worksheet</i> Pada <i>Gas Plant</i>	106
Lampiran V <i>Major Hazard Management Plan Worksheet</i> Pada Jalur Pipa	110
Lampiran VI Standar Operasional Prosedur Pada <i>Gas Plant</i> ...	114
Lampiran VII Standar Operasional Prosedur Pada Jalur Pipa ..	116

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sekitar 25% kematian pada anak-anak disebabkan oleh pencemaran oleh hidrokarbon. Efek pencemaran hidrokarbon secara umum bagi manusia yaitu dapat berupa penyakit pernafasan seperti pneumonitis dan pneumonia (Sankar, 2010). Toksisitas dari hidrokarbon sendiri bergantung dari viskositas, kelarutan dan wujud dari hidrokarbon itu sendiri (Tormoehlen et al, 2014). Salah satu komposisi dominan dalam hidrokarbon adalah gas metan (CH_4). Dimana secara spesifik gas metan dapat menyebabkan *asphyxia*, dimana merupakan keadaan gas metan yang mampu mengurangi masuknya oksigen ke dalam sistem pernapasan sehingga menimbulkan kematian (Jo et al, 2013).

Salah satu penghasil pencemaran gas metan dalam jumlah besar yaitu pada industri minyak dan gas, dimana pada industri ini terdapat aktivitas *hydrocarbon release*. Menurut Permen LH no.13 tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi, *hydrocarbon release (venting)* adalah pelepasan gas-gas hidrokarbon yang bersifat kontinyu atau tidak menerus yang dihasilkan dari kegiatan operasi minyak dan gas, yaitu dari proses separasi fluida, ke udara terbuka melalui cerobong tetap. Dalam pengoperasiannya, kegiatan *hydrocarbon release* menghasilkan hidrokarbon dalam kuantitas dan kualitas dalam jumlah besar yang disebut kondisi *emergency hydrocarbon release*. *Emergency hydrocarbon release* sendiri bisa terjadi pada waktu-waktu tertentu, seperti kegiatan produksi yang besar maupun saat ada kegiatan *maintenance*.

Risiko yang timbul dari kondisi *emergency hydrocarbon release* selain pencemaran oleh hidrokarbon juga bisa berisiko terjadinya kebakaran dan ledakan yang disebabkan oleh kebocoran (Amir-Heidari et al, 2014). Tentunya risiko-risiko yang dapat ditimbulkan sangat berbahaya bagi masyarakat sekitar, bahkan tak jarang di lapangan ditemukan industri minyak dan gas memiliki jarak yang dekat dengan pemukiman, baik unit operasional maupun pipa distribusi.

Pada penelitian ini, akan digunakan program ALOHA (*Areal Location of Hazardous Atmosphere*). ALOHA merupakan program yang secara khusus didesain untuk mengetahui arah persebaran material berbahaya. ALOHA menghitung persebaran pencemar dengan menggunakan variabel toksisitas, sifat mudah terbakar, radiasi termal dan ledakan akibat tekanan yang tidak sesuai. Program komputer ini memiliki akurasi yang tinggi dalam menentukan area tercemar (Patel et al., 2015). PT. Chevron Pacific Indonesia merupakan perusahaan produsen minyak yang beroperasi di Indonesia. Perusahaan ini memiliki area kerja di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. PT. Chevron Pacific Indonesia menggunakan gas sebagai sumber energi listrik dimana pada sistem distribusinya sering ditemukan beberapa unit operasi dan pipa distribusi gas memiliki jarak yang relatif kecil dengan pemukiman warga.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah:

1. Berapa volume dari emisi gas metan pada saat *emergency hydrocarbon release*?
2. Bagaimana dispersi dari emisi gas metan pada saat *emergency hydrocarbon release*?
3. Bagaimana manajemen risiko yang dilakukan pada saat *emergency hydrocarbon release*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan volume dari emisi gas metan pada saat *emergency hydrocarbon release*.
2. Menganalisis dispersi emisi gas metan pada saat *emergency hydrocarbon release*.
3. Membuat manajemen risiko pada saat *emergency hydrocarbon release*.

1.4 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi oleh batasan-batasan ruang lingkup, yaitu:

1. Penelitian dilakukan di PT. Chevron Pacific Indonesia pada 5 Februari 2018 – 5 Maret 2018.

2. Penelitian dikhususkan pada gas metan.
3. Program yang digunakan pada penelitian ini adalah program ALOHA.
4. Manajemen risiko didasarkan pada hasil analisis dispersi emisi gas metan pada saat *emergency hydrocarbon release*.
5. Aspek yang dibahas pada manajemen risiko pada penelitian kali ini adalah aspek keselamatan manusia.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan evaluasi dan rekomendasi bagi PT. Chevron Pacific Indonesia pada khususnya, dan untuk perusahaan migas dalam manajemen risiko pada kondisi *emergency hydrocarbon release*.
2. Sebagai rujukan bagi pemerintah provinsi setempat mengenai peraturan tentang *emergency hydrocarbon release* pada sistem distribusi gas alam di PT. Chevron Pacific Indonesia.
3. Memberikan masukan tentang sistem tanggap darurat terkait dengan emisi hidrokarbon.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi

Menurut Permen LH nomor 13 tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi, kegiatan pengangkutan minyak dan gas adalah kegiatan pemindahan minyak bumi, gas bumi dan/atau hasil olahannya dari wilayah kerja atau dari tempat penampungan dan pengolahan, termasuk pengangkutan gas bumi melalui pipa transmisi dan distribusi. Pada aplikasinya, perusahaan minyak dan gas menggunakan jaringan perpipaan dalam pendistribusian gas alam. Jaringan perpipaan tersebut harus dilengkapi dengan mekanisme keamanan dan perlindungan yang efisien. Pada suatu kondisi tertentu, *hydrocarbon releases* dibutuhkan untuk menanggulangi keadaan darurat (Yi, 2014).

2.2 Komposisi Gas Alam

Pada umumnya, gas alam merupakan campuran berbagai hidrokarbon maupun non-hidrokarbon yang mudah terbakar, seperti nitrogen, helium, karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), serta merkuri dalam jumlah kecil. Komposisi utama dari gas alam adalah gas metan (CH_4) yang merupakan rantai hidrokarbon terpendek dan teringan. Selain metan gas alam juga mengandung molekul-molekul hidrokarbon yang lebih berat, seperti etana (C_2H_6), propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). Biasanya komposisi gas alam berbeda-beda, tergantung sumber lokasinya (Ramdhani, 2015).

2.3 Emergency Hydrocarbon Release

Hydrocarbon Release (venting) menurut Permen LH nomor 13 tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi adalah pelepasan gas-gas hidrokarbon yang bersifat kontinyu atau tidak menerus yang dihasilkan dari kegiatan operasi minyak dan gas, yaitu dari proses separasi fluida, ke udara terbuka melalui cerobong tetap.

Menurut Sklet (2005) *hydrocarbon release* adalah lepasnya gas atau minyak (termasuk terkondensasi) dari aliran proses dengan kecepatan diatas 0,1 kg/s. *Hydrocarbon release* juga merupakan penyebab dominan risiko terjadinya kecelakaan dan insiden pada perusahaan minyak dan gas (Øien, 2001). Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *hydrocarbon releases* adalah:

1. kesalahan pengoperasian

Kesalahan pengoperasian biasanya terjadi pada saat pengoperasian normal maupun saat perawatan dan pemeliharaan unit. Biasanya disebabkan oleh tenaga kerja yang kurang terlatih ataupun kecerobohan dari pekerja.

2. kesalahan teknis

Kesalahan teknis meliputi kerusakan alat akibat pengoperasian, seperti perkaratan, umur alat yang menua dan terdegredasinya material unit. Dibutuhkan jadwal perawatan yang rutin agar hal ini tidak terjadi.

3. beban proses yang melebihi batas

Beban proses yang melebihi batas seperti *overpressure*, *underpressure* maupun *overflow* sehingga dapat menyebabkan kondisi darurat.

4. faktor eksternal

Faktor eksternal berupa gangguan dari eksternal, seperti bencana alam, banjir dan lain-lain.

5. kesalahan dari desain.

2.4 Dampak Hidrokarbon bagi Kehidupan

Pencemaran oleh hidrokarbon secara umum kebanyakan mudah berdampak pada anak-anak. Sekitar 25% kematian pada anak-anak disebabkan oleh pencemaran oleh hidrokarbon itu sendiri. Efek bagi manusia yaitu dapat berupa penyakit pernafasan seperti pneumonitis dan pneumonia. Toksisitas dari hidrokarbon sendiri bergantung dari tekanan dan viskositasnya (Sankar, 2010). Namun hidrokarbon dalam jumlah sedikit tidak akan membahayakan kesehatan manusia walau dengan toksisitas yang tinggi. Hidrokarbon lebih berbahaya apabila dalam wujud gas dibanding padat maupun cair. Pencemaran oleh hidrokarbon sendiri dapat menyebabkan iritasi dan infeksi paru-paru (Sugiarti, 2009).

Selain itu, juga didapatkan bahwa kilang yang dekat dengan wilayah perumahan penduduk memiliki potensi untuk terkena iritasi mata, pusing, asma, leukimia akut dan *multiple myeloma* (Mckenzie et al, 2012). Juga hidrokarbon yang bebrbentuk benzena dapat menyebabkan kanker (Coons & Walker, 2008). Dari segi lingkungan sendiri, gas hidrokarbon dapat menyebabkan aroma busuk yang menyengat (Humaida et. al., 2010).

2.5 Dampak Gas Metan bagi Kehidupan

Gas metan merupakan salah satu komponen utama dalam gas alam, dimana sering digunakan sebagai sumber energi. Sifat utama dari gas metan yang membahayakan adalah sifat mudah meledaknya jika konsentrasinya mencapai 5-15% di udara. Namun terdapat bahaya lain dalam gas metan berupa *asphyxia*, dimana gas metan dapat menggantikan persentase oksigen di udara dan dapat menyebabkan kematian karena kurangnya pasokan oksigen di dalam tubuh (Jo et al, 2013).

Secara umum gas metan bukan merupakan zat beracun, tidak berbau, dan memiliki densitas gas yang lebih ringan dari gas lain. Gas metan dapat mengikat oksigen di udara sehingga dapat mengurangi kadar oksigen disekitarnya (Yusuf et al, 2016).

2.6 Model Dispersi Pencemaran Udara

Dispersi emisi dapat diartikan sebagai persebaran dari emisi dalam bentuk fluida yang menghasilkan gerakan acak dari fluida itu sendiri dan molekulnya. Dispersi emisi penting diketahui untuk mengevaluasi suatu sumber polutan apakah suatu sumber emisi menghasilkan pencemaran udara atau tidak (Visscher, 2014). Pencemaran udara menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 12 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan.

Model dispersi emisi udara diartikan sebagai prediksi dari konsentrasi suatu emisi pada waktu dan tempat yang ditentukan dengan menggunakan pendekatan fisik, kimia, dan dinamika fluida dari polutan di atmosfer (Colls, 2010). Beberapa fungsi dari model dispersi antara lain (Bruno, 2010):

1. Untuk memprediksi efek dari sumber emisi terhadap kualitas udara ambien.
2. Untuk mengevaluasi sumber emisi dalam rangka reduksi emisi untuk mencegah terjadinya polusi udara.
3. Untuk merencanakan sistem tanggap darurat apabila kondisi darurat terjadi.

2.5.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Model Dispersi Pencemaran Udara

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dispersi emisi udara, yaitu :

1. Tekanan udara: Karena udara mempunyai berat, maka seluruh molekul udara tertekan ke bawah. Apabila tekanan udara tinggi dan langit cerah maka polutan dapat terdispersi dengan baik, sebaliknya jika tekanan rendah dan langit berawan maka dispersi minimal terjadi (Visscher, 2014).
2. Angin : Angin adalah pergerakan udara yang diakibatkan oleh perbedaan tekanan dan ketinggian. Arah angin berpengaruh pada *plume* dan dapat digunakan untuk mencari pencemaran background dari suatu kota (Visscher, 2014).
3. Suhu udara: suhu udara berpengaruh kepada ketebalan dari *mixing layer*. Semakin tebal *mixing layer* maka semakin banyak volume udara yang dapat mendispersi polutan (Visscher, 2014).
4. Kelembaban: Kelembaban maksimum dan kelembaban relatif mempengaruhi suhu udara (Zhongchao, 2014).
5. Radiasi sinar matahari: radiasi sinar matahari mempengaruhi kestabilan atmosfer dan *atmospheric boundary layer* (Visscher, 2014).
6. Turbulensi udara: turbulensi udara disebabkan oleh fluktuasi arah angin sehingga penyebaran polutan di udara. Turbulensi secara mekanis disebabkan oleh kekasaran dari permukaan. Gedung tinggi memiliki tingkat kekasaran yang juga tinggi (Visscher, 2014).
7. Temperatur permukaan atau temperatur ambien: pergerakan polutan di udara terjadi menggunakan prinsip konveksi, yaitu perpindahan zat dari satu tempat menuju ke tempat lain menggunakan pergerakan dari udara. Konveksi udara menjadi penting dalam pendispersian polutan di udara karena konveksi menciptakan transfer vertikal polutan.

Konveksi bebas terjadi karena partikel polutan bergerak menggunakan gaya angkat nya sendiri (Visscher, 2014).

8. Laju emisi polutan: laju emisi polutan diartikan sebagai banyaknya emisi dalam satuan massa (gram) yang di emisikan per satuan waktu (detik) (Zhongchao, 2014).

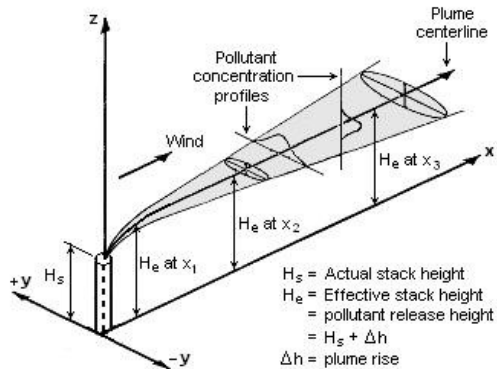
2.5.2 Model Dispersi Gauss

Menurut Bakar (2006), model dispersi Gauss merupakan salah satu model perhitungan yang banyak digunakan untuk mensimulasikan pengaruh emisi terhadap kualitas udara. Selain itu dijelaskan pula bahwa model dispersi Gauss merupakan bentuk Persamaan matematika yang dapat dimasukkan ke dalam perhitungan variabel dan diberikan informasi yang lebih detail mengenai sumber cemaran pada suatu daerah yang diteliti.

Menurut Pasquill (1961), model ini banyak digunakan untuk menilai dampak adanya sumber pencemaran udara terhadap kualitas udara lokal dan perkotaan. Keuntungan dari pemodelan Gauss adalah dapat digunakan untuk mengolah sejumlah besar sumber emisi, situasi dispersi, dan jaringan reseptor yang cukup padat secara spasial (dari jarak puluhan meter). Terdapat beberapa asumsi yang digunakan pada pada pemodelan Gauss, antara lain (Permatasari, 2014) :

1. Laju emisi adalah konstan
2. Dispersi terjadi searah dengan arah angin (*downwind*)
3. Kondisi meteorologi adalah konstan
4. Polutan tidak bereaksi selama berada di atmosfer
5. Polutan tidak mengalami refleksi dan disposisi pada permukaan
6. Dispersi horizontal dan vertikal mengikuti distribusi Gauss yang berawal dari garis tengah *plume*.

Persamaan Gauss memiliki beberapa parameter dispersi, diantaranya yaitu kelas kestabilan atmosfer. Kelas kestabilan atmosfer ini menggambarkan reaktifitas dari polutan di atmosfer. Tabel 2.1 menunjukkan kelas kestabilan atmosfer.



Gambar 2. 1 Visualisasi persebaran emisi model Gauss

Tabel 2. 1 Kelas kestabilan atmosfer

Kecepatan angin (m/s)	Siang			Malam	
	Radiasi Sinar Matahari			Kondisi Awan	
	Kuat	Sedang	Sedikit	Berawan	Cerah
< 2	A	A – B	B	E	F
2 – 3	A – B	B	C	E	F
3 – 5	B	B – C	C	D	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Persamaan 2.1 berikut menunjukkan persamaan Gauss.

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z-h)^2}{\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z+h)^2}{\sigma_z^2}\right) \right\} \dots (2.1)$$

Dimana :

- C = Konsentrasi pada (x,y,z) dalam g/m^3
- Q = Laju emisi (g/s)
- u = Kecepatan Angin (m/s)
- σ_y = Parameter sebaran dispersi pada jarak sumbu y
- σ_z = Parameter sebaran dispersi pada jarak sumbu z
- h = Tinggi efektif sumber
- x = Jarak downwind sepanjang centerline *plume*
- y = Jarak crosswind dari centerline *plume*
- z = Tinggi di atas permukaan

2.5.3 Plume Rise

Plume rise merupakan kondisi dimana zat pencemar yang sudah keluar dari sumber secara kontinyu memiliki pergerakan vertikal keatas dikarenakan momentum yang dimilikinya. Adapun yang mempengaruhi momentum tersebut antara lain panas, berat rata-rata molekul dan berat dari *suspended particle* pada *plume* (Briggs, 1965). Pada permodelan Gauss, permodelan *plume* merepresentasikan hasil analisis pada keadaan ideal, yaitu pada saat turbulensi pada atmosfer pada keadaan seimbang dan homogen. *Plume rise* sendiri berpengaruh pada rumus permodelan Gauss untuk menentukan tinggi efektif sumber dimana tinggi efektif sumber merupakan penjumlahan dari tinggi sumber (*stack*) dan tinggi *plume rise* (Abdel-Rahman,2008).

2.7 Program ALOHA

ALOHA merupakan perangkat lunak untuk membuat permodelan dispersi atmosferik yang digunakan untuk mengevaluasi keluarnya uap-uap dari zat kimia yang berbahaya. ALOHA bisa memperkirakan zona-zona yang memiliki potensi bahaya yang berdasarkan karakteristik beberapa jenis dari zat kimia berbahaya, termasuk sifat toksisitas dan daya ledaknya. Permodelan ini juga bisa dijalankan dengan berbagai pertimbangan keadaan skenario yang direncanakan (Visnu et al, 2016).

ALOHA dibuat untuk menghitung daerah bahaya terkait dengan dilepaskannya bahan kimia berbahaya dengan daerah cakupan mulai dari 100 meter hingga 10 kilometer. Daerah bahaya didapat dengan membandingkan hasil perhitungan konsentrasi

bahan kimia pada jarak tersebut dengan kadar maksimum yang dapat diterima oleh manusia. Besarnya kadar maksimum ini bergantung pada peraturan yang berlaku di negara atau perusahaan masing – masing.

ALOHA merupakan program yang secara khusus didesain untuk mengetahui arah persebaran material berbahaya. ALOHA menghitung persebaran pencemar dengan menggunakan variabel toksisitas, sifat mudah terbakar, radiasi termal dan ledakan akibat tekanan yang tidak sesuai. Program komputer ini memiliki akurasi yang tinggi dalam menentukan area tercemar (Patel et al., 2015).

ALOHA menggunakan model dispersi Gauss yang dikembangkan oleh Palazzi (NOAA, 2013). Model ini menggambarkan keadaan *steady-state* dalam suatu kondisi singkat dari dispersi itu sendiri. Model ini digambarkan dalam Persamaan 2.2 dan 2.3.

$$C(x, y, z, t) = \left\{ \frac{\gamma}{2} \left[\operatorname{erf} \left[\frac{x}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{x-Ut}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] \right] \right\} \text{ jika } (t \leq t_r) \dots (2.2)$$

atau

$$C(x, y, z, t) = \left\{ \frac{\gamma}{2} \left[\operatorname{erf} \left[\frac{x-U(t-t_r)}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] - \operatorname{erf} \left[\frac{x-U}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] \right] \right\} \text{ jika } (t_r < t < \infty) \dots (2.3)$$

t_r = lamanya kebocoran terjadi

σ_x , σ_y , dan σ_z adalah parameter disperse

Nilai γ merupakan fungsi hasil dari distribusi dari kondisi *Continuos steady-state point source* (Hanna et al, 1982) Nilai γ dapat dilihat dari Persamaan 2.3.

$$\gamma(x, y, z, t) = \left(\frac{Q(t)}{U} \right) g_y(x, y) g_z(x, z) \dots (2.4)$$

Dimana:

$$g_y(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_y(x)}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y(x)} \right)^2 \right] \dots (2.5)$$

Apabila keadaan tanpa inversi:

$$g_z(x, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_z(x)}} \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] \right\} \dots (2.6)$$

h_s = tinggi sumber emisi.

Nilai dari parameter dispersi σ_x , σ_y , σ_z yang digunakan oleh ALOHA menggunakan rumus yang dirumuskan oleh Beals. Persamaan 2.7 menunjukkan nilai dari parameter dispersi untuk σ_x , sedangkan Persamaan 2.8 untuk σ_y dan Persamaan 2.9 untuk σ_z .

$$\sigma_x(x_0) = \frac{S_{y1}x}{\sqrt{1+S_{y2}x}} \dots\dots (2.7)$$

$$\sigma_y(x) = \frac{S_{y1}x}{\sqrt{1+S_{y2}x}} \dots\dots (2.8)$$

$$\sigma_z(x) = S_{z1}x(1 + S_{z2}x)^2 \dots\dots (2.9)$$

Adapun S_{x1} , S_{x2} , S_{y1} , S_{y2} , S_{z1} dan S_{z2} didasarkan dari kelas stabilitas atmosfer dan tingkat kekasaran lahannya. Nilainya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 nilai dari koefisien S_{x1} , S_{x2} , S_{y1} , S_{y2} , S_{z1} dan S_{z2}

Kekasaran	Koef	Kelas Stabilitas					
		A	B	C	D	E	F
Keduanya	S_{x1}	0,02	0,02	0,02	0,04	0,17	0,17
	S_{x2}	1,22	1,22	1,22	1,14	0,97	0,97
	S_{y1}	0,22	0,16	0,11	0,08	0,06	0,04
	S_{y2}	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Rural	S_{z1}	0,2	0,12	0,08	0,06	0,03	0,016
	S_{z2}	0	0	0,0002	0,0015	0,0003	0,0003
Urban	S_{z1}	0,24	0,24	0,2	0,14	0,08	0,08
	S_{z2}	0,001	0,001	0	0,0003	0,0015	0,0015

Sumber: Briggs (1975)

ALOHA sendiri menurut situs resminya menyebutkan bahwa program ini memiliki hasil yang akurat. Hal ini mengacu pada definisi permodelan yang akurat, dimana model dikatakan akurat apabila mampu menghasilkan perkiraan rentang hasil yang memenuhi. Sebagai contoh pada ALOHA menghasilkan perkiraan konsentrasi gas berada pada rentang 50-200 ppm, sedangkan

pada lapangan, didapatkan hasil pemantauan sebesar 100 ppm. ALOHA juga menghasilkan prediksi dengan menyederhanakan kondisi dari terjadinya *release* sehingga menghasilkan kondisi perkiraan terburuk dari suatu peristiwa.

2.7.1 Threat zone

Threat zone pada ALOHA sendiri menggambarkan luasan daerah yang memiliki konsentrasi *ground-level gas* yang melewati batas baku mutu. Adapun baku mutu yang telah terintegrasi dengan program ALOHA sendiri merupakan baku mutu internasional yaitu AEGLs (*Acute Exposure Guideline Levels*), ERPGs (*Emergency Response Planning Guidelines*), PACs (*Protective Action Criteria*) dan IDLH (*Immediate Danger to Life and Health*). Adapun *threat zone* pada program ALOHA terbagi menjadi 3, yaitu risiko ledakan, risiko toksisitas dan risiko radiasi termal (NOAA, 2013).

2.7.2 Gas Flammable dan Toxic

Pada umumnya, saat terjadi kebocoran pipa terdapat dua risiko yang dapat terjadi, yaitu *flammable* dan *toxic*. *Flammable* dapat diartikan sebagai kondisi yang dapat menyebabkan kebakaran, bisa disebabkan percikan maupun suhu yang tinggi. Sedangkan *toxic* diartikan sebagai racun dimana gas yang keluar bersifat beracun sehingga dapat menyebabkan penyakit hingga kematian. Umumnya dalam penanganan risiko *flammable* dan *toxic* sendiri yang sering dilakukan adalah secepat mungkin menutup katup dari pipa itu sendiri. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir volum dari gas yang keluar sehingga bisa memperkecil terjadinya risiko. Selanjutnya yang biasa dilakukan adalah penggunaan alat bantu keselamatan berupa masker ataupun alat pemadam api ringan saat kedua risiko tersebut sudah terjadi (Schaufele, 2013).

2.8 Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah kemampuan dalam menata kemungkinan dari berbagai macam kegagalan dengan meminimalisir kerugian yang dihasilkan dari suatu keputusan (DNV GL, 2007). Manajemen risiko juga diartikan sebagai pendekatan sistematis untuk memilih tindakan terbaik berdasarkan identifikasi, penilaian dan pemahaman pada suatu risiko (Berg, 2010). Menurut

Djohanputro (2008) konsep dasar dari manajemen risiko adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi risiko, merupakan tahapan identifikasi risiko apa saja yang mungkin terjadi. Pada tahapan ini risiko yang mungkin terjadi akan didata dan dikumpulkan untuk kemudian akan dianalisa.
2. Pengukuran risiko, merupakan pengukuran berdasarkan kuantitatif dan kualitatif dari risiko itu sendiri. Kuantitas risiko diukur berdasarkan berapa banyak nilai yang rentan dari suatu risiko itu sendiri. Kualitatif risiko diukur berdasarkan kemungkinan risiko itu muncul.
3. Pemetaan risiko, pada tahap ini risiko akan dipetakan risiko berdasarkan tingkat ukuran risiko itu sendiri. Sehingga kemudian akan didapatkan prioritas dari risiko yang dihasilkan bagi suatu industri itu sendiri.
4. Model pengelolaan risiko, merupakan tahapan dimana risiko yang sudah diprioritaskan sebelumnya akan dibuat suatu laporan cara pengelolaannya. Pengelolaannya berupa penanganan saat terjadinya risiko maupun pencegahan agar risiko tersebut tidak terjadi.
5. Pengawasan dan pengendalian risiko, tahap ini merupakan implementasi dari model pengelolaan risiko yang dibuat sebelumnya. Tahap ini akan memastikan model pengelolaan risiko sudah dilaksanakan sehingga efek dari risiko yang terjadi nanti bisa diminimalisir sesedikit mungkin.

2.9 Langkah-Langkah Penggunaan Program ALOHA

Pada Program ALOHA sendiri, parameter yang menjadi input terdiri dari data lokasi, data meteorologi, data sumber emisi dan data karakteristik emisi. Adapun langkah-langkah penggunaan program ALOHA sendiri adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan data lokasi
Pada langkah ini, data yang dimasukkan adalah perkiraan elevasi dan koordinat dari lokasi yang akan dianalisa.
2. Memasukkan data emisi yang akan dianalisa
Pada langkah ini, data yang dimasukkan adalah jenis zat kimia yang akan dianalisa sebagai emisi. Program ALOHA

telah menyediakan zat kimia dan sifat-sifat kimianya yang lazim dilakukan pada analisa-analisa lain.

3. Memasukkan data meteorologi

Pada langkah ini, terdapat 2 panel. Panel pertama data yang akan dimasukkan adalah kecepatan angin, arah angin dan kekasaran lahan. Pada panel kedua, data yang akan dimasukkan adalah temperatur udara, kelas kestabilan cuaca dan kelembaban udara.

4. Memasukkan data sumber emisi

Pada langkah ini, data masukan dari tiap jenis sumber emisi bisa berbeda-beda. Pada sumber langsung (*direct*) data yang dimasukkan yaitu *flow rate* emisi dan elevasi dari sumber. Pada sumber jalur pipa (*pipeline*) terdapat 2 panel, yaitu pada panel pertama data yang dimasukkan yaitu diameter pipa, panjang pipa, ujung pipa dan kekasaran pipa. Pada panel kedua data yang dimasukkan adalah tekanan pipa dan suhu dalam pipa.

5. Analisa dispersi

Langkah selanjutnya adalah analisa risiko yang akan terjadi. Pada analisisnya, ALOHA dapat menganalisa tiga risiko utama, yaitu untuk *toxic area of vapor cloud*, *flammable area of vapor cloud* dan *blast area of vapor cloud explosion*.

Location Input

Enter full location name:

Location is

Is location in a U.S. state or territory ?

☐ In U.S. ☒ Not in U.S.

Enter approximate elevation

Elevation is ☒ ft ☐ m

Enter approximate location

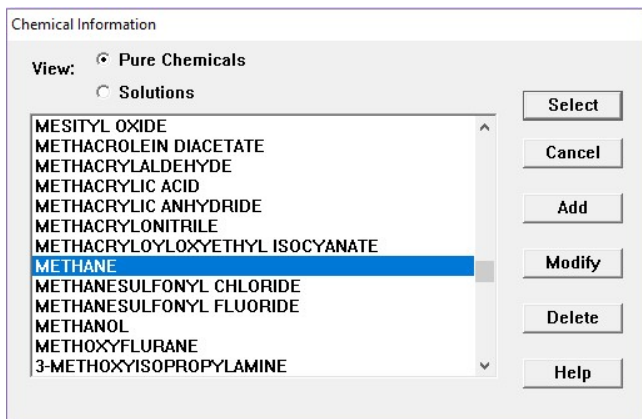
deg. min.

Latitude ☒ N ☐ S

Longitude ☐ E ☒ W

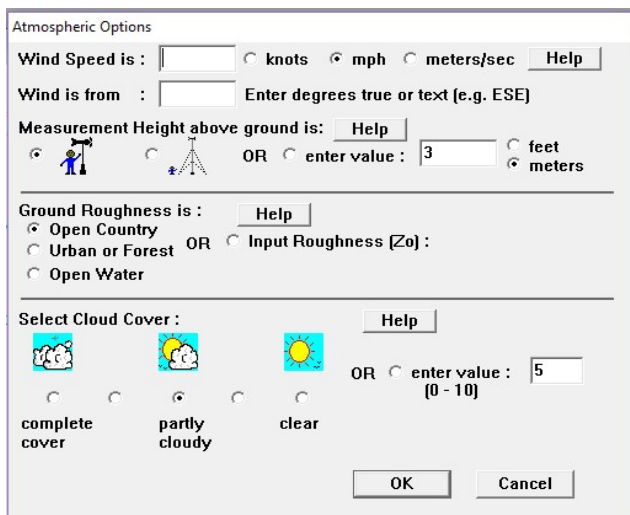
Sumber: ALOHA 5.4.7

Gambar 2. 2 Panel input data lokasi pada program ALOHA



Sumber: ALOHA 5.4.7

Gambar 2. 3 Panel zat kimia yang akan dianalisa pada Program ALOHA



Sumber: ALOHA 5.4.7

Gambar 2. 4 Panel pertama data meteorologi pada program ALOHA

Atmospheric Options 2




Air Temperature is : Degrees ☒ F ☐ C

Stability Class is : ☐ A ☐ B ☐ C ☒ D ☐ E ☐ F

Inversion Height Options are :

☒ No Inversion ☐ Inversion Present, Height is : ☒ feet ☐ meters

Select Humidity :

 ☐ wet  ☒ medium  ☐ dry OR ☐ enter value : 50 %
(0 - 100)

Sumber: ALOHA 5.4.7

Gambar 2. 5 Panel kedua data meteorologi pada program ALOHA

Direct Source

Select source strength units of mass or volume:

☐ grams ☐ kilograms ☒ pounds ☐ tons(2,000 lbs)
☐ cubic meters ☐ liters ☐ cubic feet ☐ gallons

Select an instantaneous or continuous source:

☐ Instantaneous source ☒ Continuous source

Enter the amount of pollutant ENTERING THE ATMOSPHERE:

☒ pounds/sec
☐ pounds/min for 60 minutes
☐ pounds/hr (1-60)

Enter source height (0 if ground source): 0 ☒ feet ☐ meters

Sumber: ALOHA 5.4.7

Gambar 2. 6 Panel *direct source* pada program ALOHA

Pipe Pressure and Hole Size

Input pipe pressure Help

Pressure is ☒ psia ☐ atm ☐ Pa

Input pipe temperature Help

☒ Unknown (assume ambient)

☐ Temperature is 33 ☐ F ☒ C

Hole size equals pipe diameter. Help

OK Cancel

Sumber: ALOHA 5.4.7

Gambar 2. 7 Panel pertama *pipeline source* pada program ALOHA

Gas Pipeline Input

Input pipe diameter Help

Diameter is ☒ inches ☐ cm

Input pipe length Help

Pipe length is ☒ ft ☐ yds ☐ meters

The unbroken end of the pipe is Help

☒ connected to infinite tank source

☐ closed off

Select pipe roughness Help

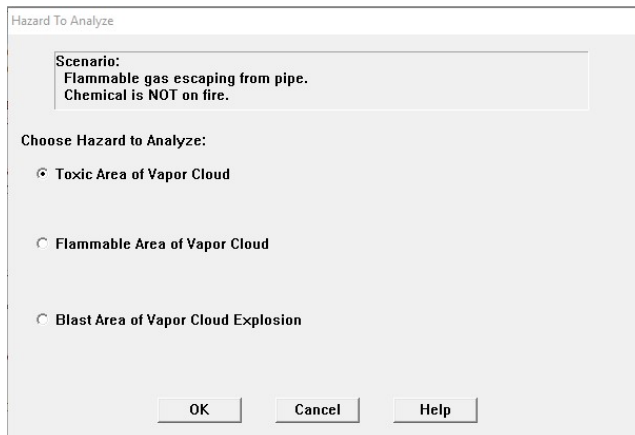
☒ Smooth Pipe

☐ Rough Pipe

OK Cancel

Sumber: ALOHA 5.4.7

Gambar 2. 8 Panel kedua *pipeline source* pada program ALOHA



Sumber: ALOHA 5.4.7

Gambar 2. 9 Panel analisa potensi bahaya pada program ALOHA

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait penggunaan ALOHA sebagai program permodelan dispersi pencemaran udara daapt dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Penelitian terdahulu yang mendukung

No	Judul	Nama	Tahun	Isi
1	Analisis Dispersi Emisi Hidrokarbon pada <i>Onshore Receiving Facilities</i> X dan Y PT. Z	M. Radifan Putra, Arie Dipahreza Syafei	2016	<p>Penelitian ini menjelaskan tentang analisa dispersi emisi yang dihasilkan dari kemungkinan ledakan unit ORF pada PT Z.</p> <p>Pada penelitian ini, metode permodelan yang digunakan adalah menggunakan program ALOHA. Hasil dari penelitian ini adalah berupa luasan dari area yang terkena dampak dari ledakan dan manajemen risiko dalam menghadapi kemungkinan terjadinya ledakan.</p>
2	Analisis Potensi Bahaya Ledakan SPPBE di Sekitar Calon Tapak RDE	S. Alimah, D. Priambodo, J. Mellawati	2017	<p>Penelitian ini merupakan analisis terhadap calon tempat SPPBE terhadap potensi bahaya ledakan yang mungkin dihasilkan setelah dibangun. Pada penelitian ini akan dilakukan permodelan jika terjadi ledakan dengan bantuan program ALOHA dan MARPLOT. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil gas lepas dari SPPBE yang dianalisis tidak menimbulkan bahaya bagi bangunan-bangunan sekitar.</p>
3	<i>Consequence Evaluation of Toxic</i>	J.M. Tseng, T.S. Su, C.Y. Kuo	2012	<p>Penelitian ini menganalisa kebocoran dari suatu tangki pengumpul yang diasumsikan mengalami kebocoran sehingga menghasilkan pencemaran</p>

No	Judul	Nama	Tahun	Isi
	<i>Chemical Releases by ALOHA</i>			dari gas yang bersifat toksik. ALOHA digunakan untuk mensimulasi bagaimana persebaran dari gas tersebut. Penelitian ini menghasilkan manajemen risiko yang bertujuan untuk meminimalisir potensi dampak yang dihasilkan saat terjadinya insiden.
4	<i>Hazard Evaluation Using ALOHA Tool in Storage Area of an Oil Refinery</i>	P. Patel, N. Sohani	2015	Penelitian ini menganalisa area yang terkena sebaran dari uap gas yang dihasilkan dari penyimpanan pada suatu kilang minyak dengan berbagai variasi tekanan yang mungkin terjadi. Analisa menggunakan program ALOHA dalam permodelan dispersinya. Keluaran dari penelitian ini adalah berupa jangkauan area yang terkena dampak gas yang mudah meledak maupun berupa radiasi termal yang dihasilkan.

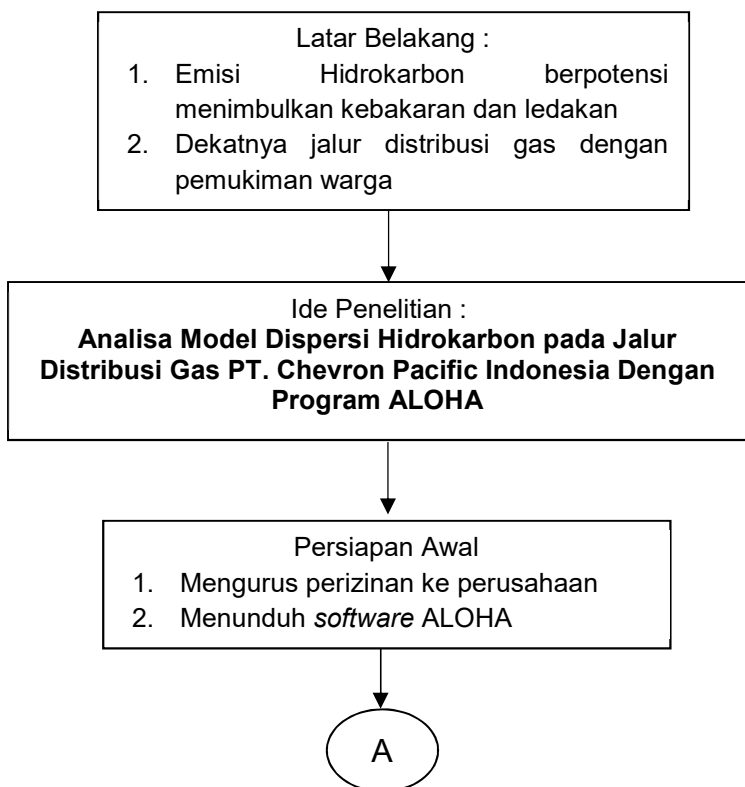
No	Judul	Nama	Tahun	Isi
5	Analisis Konsekuensi Kebakaran dan Ledakan pada Tangki LPG (<i>Liquefied Petroleum Gas</i>) di PT. Surya Esa Perkasa TBK Palembang	D. Indah Permatasari, E. Sunarsih, H.A. Fickry Faisya	2016	Penelitian ini menganalisa area yang terkena dampak yang ditimbulkan dari ledakan pada tangki LPG. Permodelan dibuat yaitu berupa permodelan kebakaran, <i>flamable area</i> , dan permodelan ledakan menggunakan ALOHA. Hasil yang didapat berupa <i>threat zone</i> yang dihasilkan dan dibandingkan dengan jumlah pekerja yang berada disana sehingga dapat dibuatnya <i>emergency response plan</i> untuk perusahaan terkait.

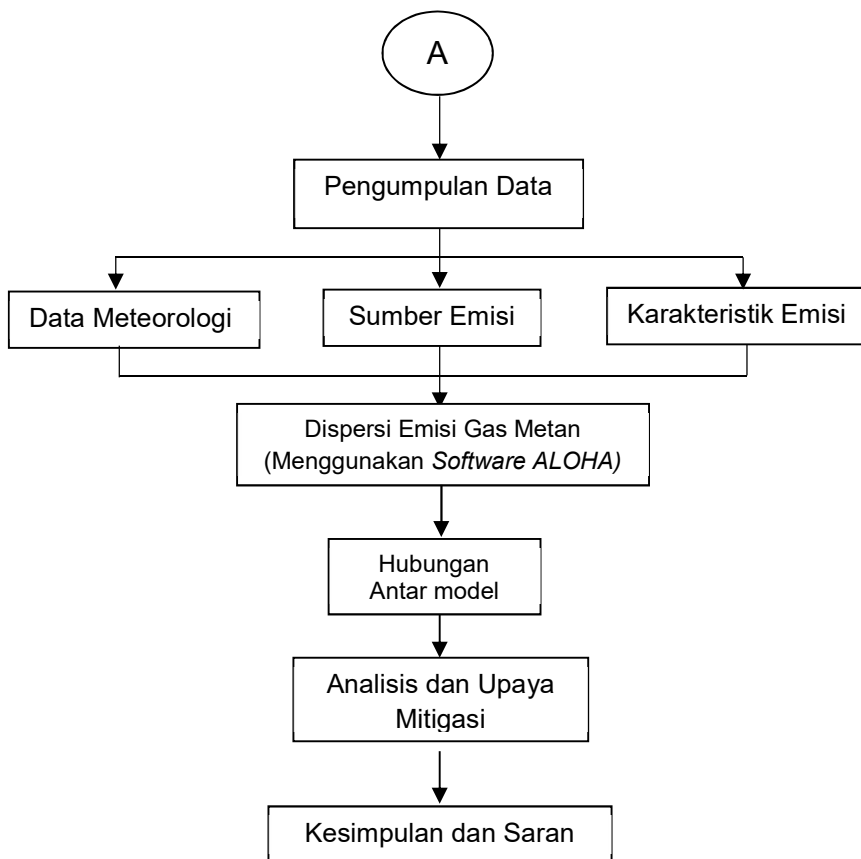
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dispersi dari emisi hidrokarbon akibat kecelakaan sehingga nantinya diketahui jarak aman daerah pemukiman dengan *gas plant* dan saluran pipa distribusi gas milik PT. Chevron Pacific Indonesia. Analisa ini akan memberi gambaran bagaimana emisi hidrokarbon menyebar. Nantinya hasil dari analisa ini dapat menjadi bahan masukan dalam upaya mitigasi untuk PT. Chevron Pacific Indonesia.





Gambar 3. 1 Diagram Alir Kerangka Penelitian

3.2 Kerangka Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah berupa penelitian lapangan, dimana data-data yang dipakai merupakan data sekunder yang didapat dari lapangan dan nantinya akan dianalisa. Pada penelitian ini, tahapan-tahapan yang akan dilakukan yaitu penentuan ide penelitian, persiapan awal, observasi dan pengumpulan data, analisis dispersi emisi, upaya mitigasi, dan

kesimpulan dan saran. Secara ringkas, kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2.1 Latar Belakang Penelitian

Adapun latar belakang dari penelitian ini adalah:

1. Emisi Hidrokarbon berpotensi menimbulkan kebakaran dan ledakan
2. Dekatnya jalur distribusi gas dengan pemukiman warga

3.2.2 Merumuskan Ide Penelitian

Berawal dari latar belakang yang sudah dijelaskan sebelumnya, ide dari penelitian ini adalah "**Analisa Model Dispersi Metan (CH_4) pada Jalur Distribusi Gas PT. Chevron Pacific Indonesia Dengan Program ALOHA**".

3.2.3 Persiapan Awal

Persiapan awal yang harus dilakukan sebelum penelitian dilakukan adalah mengurus perizinan ke perusahaan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data awal yang dibutuhkan dalam penelitian. Kelengkapan data awal diperlukan untuk mengetahui jenis data yang akan dihasilkan dan agar dalam proses penyusunan laporan penelitian tidak mengalami hambatan. Selain itu data awal dibutuhkan sebagai masukan untuk proses analisis. Setelah mengurus perizinan, hal yang harus dilakukan adalah mengunduh *software* ALOHA 5.4.7. Hal ini dilakukan untuk mengetahui data yang dibutuhkan untuk dimasukkan ke dalam *software*.

3.2.4 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, dimana rentang data yang akan digunakan adalah dalam jangka waktu satu tahun (tahun 2017). Data tersebut meliputi nilai besar emisi hidrokarbon, tekanan gas, temperatur gas, dan tinggi dari tempat dimana terdapat emisi. Data yang diambil merupakan data pada unit distribusi gas, karena unit tersebut berpotensi untuk terjadi ledakan dan kebakaran. Selain itu, data lain yang dibutuhkan untuk membuat model dispersi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Pada penelitian ini, akan dianalisa 2 titik. Titik yang pertama yaitu pada pipa distribusi menuju *gas plant* Minas, dan titik kedua

yaitu pada Sumur Gas Libo dimana terjadi *venting* atau *hydrogen release*. Jalur distribusi merupakan jalur yang membawa gas dari *gas plant* menuju *gas turbine* yang nantinya akan diolah menjadi energi listrik. Sedangkan *gas plant* merupakan unit yang berfungsi mengolah gas yang berasal dari sumur gas maupun penghasil gas agar bisa segera diolah menjadi energi listrik. Pemilihan titik pertama yang dianalisa didasarkan pada titik yang berdekatan dengan populasi penduduk disekitar pipa distribusi gas dan merupakan titik yang paling sering mengalami perbaikan dari jalur pipa distribusi gas. Penentuan titik tersebut juga didasarkan pada titik yang rawan terjadinya kebocoran akibat kecelakaan lalu lintas. Lalu pada titik *gas plant* dipilih merupakan proses terjadinya *hydrocarbon release*, yaitu pada unit *flare/ stack*.

Tabel 3. 1 Kebutuhan Data Penelitian

Jenis Data	Jenis Data	Durasi	Sumber Data
Diameter Pipa Distribusi	Data Sekunder	1 tahun (2017)	PT. Chevron Pacific Indonesia
Flow rate Gas Bulanan	Data Sekunder	1 tahun (2017)	PT. Chevron Pacific Indonesia
Komposisi Gas Alam	Data Sekunder	1 tahun (2017)	PT. Chevron Pacific Indonesia
Tekanan dalam Pipa	Data Sekunder	1 tahun (2017)	PT. Chevron Pacific Indonesia
Suhu Udara Bulanan	Data Sekunder	1 tahun (2017)	BMKG setempat
Kecepatan dan Arah Angin Bulanan	Data Sekunder	1 tahun (2017)	BMKG setempat

Jenis Data	Jenis Data	Durasi	Sumber Data
Kelembaban Udara Bulanan	Data Sekunder	1 tahun (2017)	BMKG setempat

3.2.5 Menghitung Volum *Hydrocarbon Release*

- Sumber Gas Plant

Pada sumber *gas plant*, terlebih dahulu ditentukan waktu dari *hydrocarbon release*. Penentuan dari waktu *hydrocarbon release* adalah seperti pada Persamaan 3.1.

$$t = f \frac{D^2}{d^2} L \Delta P \dots (3.1)$$

dimana:

t = lamanya *hydrocarbon release*

f = koefisien (0,38 min/Mpa.km)

L = Panjang pipa utama (km)

D = diameter pipa utama (m)

d = diameter pipa *vent* (m)

ΔP = Perbedaan tekanan sebelum dan sesudah *hydrocarbon release*

Data panjang pipa, perbedaan tekanan, diameter pipa utama dan pipa *vent* yang akan digunakan pada perhitungan waktu *hydrocarbon release* didapatkan dari data yang dimiliki oleh PT. Chevron Pacific Indonesia. Selanjutnya pada unit gas plant, volume dari *hydrocarbon release* dapat dicari dari perkalian antara lamanya *hydrocarbon release* dan *flow rate* yang didapat dari PT. Chevron Pacific Indonesia.

- Sumber Pipa

Untuk sumber pipa, volum dari emisi hidrokarbon akan dihitung berdasarkan pendekatan dari panjang pipa dan luas pipa. Adapun rumus yang digunakan adalah pada Persamaan 3.2.

$$V = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times L \dots (3.2)$$

dimana:

V = volume emisi *hydrocarbon release* (m³)

D = diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Untuk data-data dari diameter dan panjang pipa akan didapatkan dari PT. Chevron Pacific Indonesia. Diameter pipa merupakan diameter dari pipa yang akan dianalisa, sedangkan panjang pipa merupakan panjang pipa dari titik yang akan dianalisa hingga ujung pipa.

3.2.6 Permodelan Dispersi

Model yang digunakan untuk permodelan dispersi hidrokarbon adalah dengan menggunakan *software* ALOHA 5.4.7. Model ini biasanya digunakan untuk memodelkan dan penilaian *threat zone* dari emisi *hazardous vapor* / *hazardous chemical*. ALOHA menggunakan algoritma Gauss yang telah dimodifikasi oleh Pallazi seperti Persamaan 2.1 (NOAA, 2013).

Data-data yang dibutuhkan pada program ALOHA adalah sebagai berikut:

- Jenis zat yang akan dianalisa
- Data meteorologi
Data meteorologi yang dibutuhkan pada program ALOHA adalah data kecepatan dan arah angin, kelembaban udara, kelas stabilitas udara, dan temperatur udara.
- Data sumber emisi
Data sumber emisi meliputi panjang pipa, tekanan pada pipa (pada sumber *pipeline*), *flow rate*, tinggi sumber, dan waktu terjadinya paparan.

Pada sumber *pipeline* dibutuhkan data berupa dimensi pipa dan tekanan pada pipa dikarenakan pada program ALOHA akan menghitung laju aliran massa dengan sendirinya. Besaran tekanan yang akan digunakan pada permodelan adalah besaran terkecil, rata-rata, dan terbesar. Besaran terkecil digunakan untuk mewakili saat aktivitas produksi sedang mengalami penurunan, sedangkan rata-rata untuk aktivitas produksi normal dan terbesar untuk mewakili aktivitas produksi yang sedang berada pada puncak. Untuk sumber *gas plant* laju aliran massa dibutuhkan secara langsung sehingga tekanan pada pipa tidak diperlukan. Adapun variabel dan besarannya dapat dilihat pada Tabel 3.2. Skenario yang akan digunakan pada program ini untuk mengetahui luasan *threat zone* dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan 3.4.

Tabel 3. 2 Variabel dan besarannya yang akan dianalisa

Variabel	Besaran
Kecepatan Angin	Tertinggi
	Rata-rata
	Terendah
Kelas Stabilitas	B
	D
	F
Tekanan pada Pipa	Tertinggi
	Rata-rata
	Terendah

Tabel 3. 3 Matriks skenario untuk permodelan luasan *threat zone* pada titik pipa

Tekanan pipa	Kecepatan angin	Kelas stabilitas		
		B	D	F
Tertinggi	Tertinggi	Z ₁	Z ₄	Z ₇
	Rata-rata	Z ₂	Z ₅	Z ₈
	Terendah	Z ₃	Z ₆	Z ₉
Rata-rata	Tertinggi	Z ₁₀	Z ₁₃	Z ₁₆
	Rata-rata	Z ₁₁	Z ₁₄	Z ₁₇
	Terendah	Z ₁₂	Z ₁₅	Z ₁₈
Terendah	Tertinggi	Z ₁₉	Z ₂₂	Z ₂₅
	Rata-rata	Z ₂₀	Z ₂₃	Z ₂₆
	Terendah	Z ₂₁	Z ₂₄	Z ₂₇

Tabel 3. 4 Matriks skenario untuk permodelan luasan *threat zone* pada titik *gas plant*

Kecepatan angin	Kelas stabilitas		
	B	D	F
Tertinggi	Z_{28}	Z_{31}	Z_{34}
Rata-rata	Z_{29}	Z_{32}	Z_{35}
Terendah	Z_{30}	Z_{33}	Z_{36}

Hasil dari permodelan akan berupa *threat zone* akibat paparan langsung (*toxicity*) *threat zone* mudah meledak (*flammable*). Pada permodelan dispersi, ALOHA hanya dapat memodelkan dispersi oleh satu zat saja, oleh karena itu zat yang akan dimodelkan adalah gas metan. Pemilihan gas metan dikarenakan merupakan komposisi gas paling dominan dalam gas alam secara umum dan merupakan gas yang mudah meledak jika terdapat sumber api. Keluaran dari kegiatan ini adalah berupa data persebaran dari gas metan akibat terjadinya kebocoran gas.

3.2.7 Hubungan dengan Model Lain

Pada penelitian ini, dibutuhkan nilai korelasi permodelan sebagai indikator kebenaran dari sebuah model. Korelasi dilakukan setelah model sudah dibuat. Model yang sudah dibuat dikorelasi dengan permodelan dari *software* lain yang sering digunakan pada kasus serupa. Permodelan ini tidak dapat dikorelasikan dengan data lapangan dikarenakan permodelan ini merupakan permodelan kecelakaan sehingga data yang dibutuhkan pada kondisi tersebut tidak tersedia. Permodelan akan diverifikasi dengan model dari program RMP COMP. RMP COMP adalah program yang dirancang khusus untuk mengetahui jangkauan persebaran material berbahaya yang terdispersi. RMP COMP sendiri biasa digunakan sebagai pertimbangan dari manajemen risiko, hanya saja RMP COMP sendiri hasilnya bukan berupa grafik persebaran, melainkan berupa angka untuk jarak jangkauan dari persebaran zat berbahaya yang terdispersi. Setelah mendapatkan hasil permodelan dari ALOHA dan RMP COMP dengan skenario yang sama, maka selanjutnya dilakukan korelasi dengan menggunakan Persamaan 3.3.

$$Corr = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \dots (3.3)$$

dimana :

y_i = Nilai model

x_i = Nilai observasi (nilai pembanding)

(Tombette et al, 2008)

Adapun batas nilai yang bisa digunakan adalah 0,572 sesuai rekomendasi dari US-EPA. Jika model sudah mencapai target, maka model yang dibuat sudah baik dan telah terkorelasi.

3.2.8 Analisa Model dan Pembahasan

Setelah menyusun model dispersi emisi hidrokarbon, dilakukan analisa model dan pembahasannya. Hasil dari analisa model ini adalah berupa *threat zone* dimana *threat zone* merupakan daerah yang memiliki potensi untuk terkena emisi gas metan saat terjadinya kecelakaan. Dampak yang dihasilkan baik tersulutnya kebakaran akibat emisi yang menyebar juga dampak kesehatan. Pada penelitian ini, hasil permodelan akan dibandingkan dengan standar baku mutu internasional yang berlaku, yaitu *Lower Explosive Limit* (LEL) dan *Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemical* (AEGIs).

Isobutane [Propane, 2-methyl]	75-28-5	Flammable Gas
Isobutyronitrile	78-82-0	Toxic Liquid
Isopentane [Butane, 2-methyl-]	78-78-4	Flammable Liquid
Isoprene [1,3-Butadiene, 2-methyl-]	78-79-5	Flammable Liquid
Isopropylamine [2-Propanamine]	75-31-0	Flammable Liquid
Isopropyl chloride [Propane, 2-chloro-]	75-29-6	Flammable Liquid
Isopropyl chloroformate	108-23-6	Toxic Liquid
Methacrylonitrile	126-98-7	Toxic Liquid
<u>Methane</u>	74-82-8	Flammable Gas
Methylamine [Methanamine]	74-89-5	Flammable Gas
Methyl chloride	74-87-3	Toxic Gas
Methyl chloroformate	79-22-1	Toxic Liquid
Methyl ether [Methane, oxybis-]	115-10-6	Flammable Gas
Methyl formate [Formic acid, methyl ester]	107-31-3	Flammable Liquid
Methyl hydrazine	60-34-4	Toxic Liquid
Methyl isocyanate	624-83-9	Toxic Liquid
Methyl mercaptan	74-93-1	Toxic Gas
Methyl thiocyanate	556-64-9	Toxic Liquid
Methyltrichlorosilane	75-79-6	Toxic Liquid
Nickel carbonyl	13463-39-3	Toxic Liquid
Nitric acid (100%)	7697-37-2	Toxic Liquid
Nitric acid (water solution)	7697-37-2	Toxic Liquid

Gambar 3. 2 Input data zat kimia pada RMP COMP

RMP[®]Comp

[Back](#)

Errors Found

No errors found

Chemical Information

Chemical Name: Methane

CAS Number: 74-82-8

Chemical Type: Flammable Gas

Worst-case Analysis

Scenario type: ☒ Worst-case ☐ Alternative

Physical state: ☒ Unliquefied
☐ Liquefied by refrigeration
☐ Liquefied under pressure

Quantity released: pounds

[Submit](#)

Gambar 3. 3 Input data sumber emisi pada RMP COMP

LEL merupakan standar untuk menentukan daerah yang memiliki potensi kebakaran, sedangkan AEGLs merupakan standar yang digunakan untuk melihat daerah yang berpotensi terjadi risiko kesehatan. Dari analisa yang dilakukan akan didapatkan kondisi yang menyebabkan radius terjauh dari paparan gas metan. Kemudian dilakukan analisa untuk mendapatkan potensi negatif yang paling berbahaya. Potensi negatif tersebut dilihat dari banyaknya penduduk dan pekerja yang kemungkinan menjadi korban saat terjadinya kecelakaan.

Selanjutnya dilakukan penilaian terhadap potensi risiko yang dapat ditimbulkan. Penilaian potensi risiko bertujuan untuk menentukan potensi risiko yang nantinya akan dibuatkan standar operasional prosedur. Adapun potensi risiko yang akan digunakan merupakan potensi yang memiliki nilai risiko sangat tinggi (*extreme risk*). Faktor penentu dari penilaian ini adalah besarnya kemungkinan dan tingkat keparahan, kemudian berdasarkan kedua nilai tersebut dilihat tingkat risikonya berdasarkan skala. Sistem penilaian dapat dilihat pada Tabel 3.5-3.7.

Selanjutnya dibuatkan upaya mitigasi yang mengacu pada model DNV-GL, yaitu dengan *major hazard management plan*

worksheet. Dimana keluaran dari kegiatan ini berupa langkah-langkah antisipasi bila terjadinya kecelakaan dengan berdasarkan kondisi-kondisi yang spesifik. *Major hazard management plan worksheet* ini nantinya merupakan dasar dari standar operasional prosedur yang akan dibuat.

Tabel 3. 5 Skala *probability* menurut Standar AS/NZS 4360:2004

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
5	<i>Almost Certain</i>	Sangat sering terjadi
4	<i>Likely</i>	Sering terjadi
3	<i>Possible</i>	Dapat terjadi sesekali
2	<i>Unlikely</i>	Jarang terjadi
1	<i>Rare</i>	Sangat jarang terjadi

Tabel 3. 6 Skala *severity* menurut standar AS/NZS 4360:2004

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	<i>Insignificant</i>	Tidak terjadi cedera, kerugian finansial sedikit
2	<i>Minor</i>	Cedera ringan, kerugian finansial sedikit
3	<i>Moderate</i>	Cedera sedang, perlu penanganan medis, kerugian finansial besar
4	<i>Major</i>	Cedera berat > 1 orang, kerugian besar, gangguan produksi
5	<i>Catastrophic</i>	Fatal > 1 orang, kerugian sangat besar dan dampak sangat luas, terhentinya seluruh kegiatan

Tabel 3. 7 Skala *risk matrix* pada standar AS/NZS 4360

Frekuensi risiko (<i>probability</i>)	Dampak risiko (<i>severity</i>)				
	1	2	3	4	5
5	H	H	E	E	E
4	M	H	E	E	E
3	L	M	H	E	E
2	L	L	M	H	E
1	L	L	M	H	H

Keterangan:

E : *Extreme risk* (Risiko sangat tinggi)

H : *High risk* (risiko tinggi)

M : *Medium risk* (risiko sedang)

L : *Low risk* (risiko kecil)

Tabel 3. 8 *Major hazard management plan worksheet*

Risiko	Penyebab Kejadian	Penganggulangan Risiko		Bahaya	Penanggulangan Bahaya	Monitor Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect / Control</i>		<i>Mitigation</i>	

Sumber: DNV-GL, 2011

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kebutuhan Data pada ALOHA

Perangkat ALOHA membutuhkan beberapa input data untuk melakukan analisis dispersi emisi yang ingin diteliti. Input data tersebut dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Input data meteorologi
2. Input data karakteristik emisi
3. Input data sumber emisi

4.1.1 Data meteorologi

Data yang diperlukan pada analisis kali ini adalah:

1. Kecepatan angin
2. Arah angin
3. Kekasaran permukaan
4. Kondisi cuaca
5. Temperatur udara
6. Kelas kestabilan
7. Ketinggian *inversion layer*
8. Kelembaban udara

Parameter kecepatan angin, arah angin, temperatur udara dan kelembaban udara didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika setempat yang berada dekat dengan unit yang dianalisa. Adapun variabel kecepatan angin yang digunakan adalah terkecil, rata-rata, dan tertinggi selama 1 tahun (2017). Untuk variabel kecepatan angin terkecil dan rata-rata diambil dari data kecepatan angin rata-rata dalam setahun, sedangkan variabel kecepatan angin tertinggi diambil dari rata-rata data kecepatan angin tertinggi pada tahun 2017. Untuk arah angin yang digunakan adalah arah dari populasi penduduk terhadap objek penelitian. Digunakan arah selatan pada sumber pipa dan arah tenggara pada sumber *gas plant*. Data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Selain parameter yang disebutkan diatas, pada ALOHA dibutuhkan data-data kualitatif lainnya. Untuk kekasaran permukaan digunakan pilihan *urban or forest*. Kelas stabilitas cuaca digunakan kelas B, D dan F, dimana kelas B digunakan

untuk menentukan untuk mewakili cuaca yang tidak stabil, kelas D untuk keadaan menengah dan sedangkan untuk kelas F untuk mewakili cuaca yang stabil. Namun pada ALOHA kecepatan angin minimum untuk kelas stabilitas B dan D yang dapat digunakan pada adalah sebesar 1,22 knot dan 1,13 knot.

Tabel 4. 1 Data meteorologi yang digunakan

Data	Besaran	Nilai	Satuan
Suhu	Rata-rata	27,26	°C
Kelembaban	Rata-rata	82	%
Kecepatan angin	Terendah (stabilitas B)	1,22	Knot
	Terendah (stabilitas D)	1,33	Knot
	Terendah (stabilitas F)	1	Knot
	Rata-rata	1,57	Knot
	Maksimum	5,31	Knot
Arah angin	Arah penduduk	Selatan Tenggara	-

4.1.1 Data Emisi

Data emisi yang dibutuhkan pada program ALOHA diantaranya adalah sebagai berikut:

1. *Specific gravity*
2. Temperatur kritis
3. Tekanan kritis
4. Densitas
5. Titik nyala
6. *Lower explosive limit*
7. *Upper explosive limit*
8. Massa atom relatif
9. *Vapor pressure*

Pada ALOHA sendiri untuk data-data sumber emisi sudah menyediakan *preset* yang dapat dipilih sesuai kebutuhan. Data yang disediakan oleh ALOHA bersumber dari US EPA (*United States Environmental Protection Agency*). Pada penelitian ini,

emisi yang akan dianalisa adalah gas metan. Pemilihan gas metan karena memiliki komposisi yang paling besar pada hidrokarbon sehingga dianggap paling representatif untuk hidrokarbon itu sendiri.

4.1.2 Data Sumber Emisi

Adapun dalam permodelan ini, situasi yang dimodelkan adalah kecelakaan yang bisa berupa seperti kegagalan sistem, produksi gas yang melebihi batas atau berupa kecelakaan lalu lintas yang menyebabkan kebocoran pada pipa, sehingga data-data yang digunakan pada sumber emisi adalah data aktual produksi harian. Data sumber emisi yang dibutuhkan pada program ALOHA untuk sumber *flare* adalah:

1. Besar emisi
2. Tinggi dari tempat emisi dilepaskan
3. Waktu lepas

Sedangkan data yang dibutuhkan untuk sumber pipa adalah:

1. Diameter pipa
2. Panjang pipa
3. Tekanan pada pipa
4. Suhu pada pipa

Rekapan kebutuhan data sumber emisi *flare* dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan untuk sumber emisi jalur pipa pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 2 Rekap data sumber emisi *flare* (gas plant)

Jenis Parameter	Nilai	Keterangan Variabel
Tinggi sumber	40 feet	-
Waktu lepas	28,098 detik	-

Tabel 4. 3 Rekap data sumber emisi pipa

Jenis Parameter	Nilai	Keterangan Variabel
Diameter Pipa	16 inci	-
Panjang pipa	1 km	-
Tekanan pada Pipa	245 psia 320,1 psia 348 psia	Terkecil Rata-rata Terbesar

Jenis Parameter	Nilai	Keterangan Variabel
Suhu pada pipa	Dianggap sama dengan ambien suhu	

Tabel 4. 4 Matriks skenario untuk permodelan luasan *threat zone* pada titik pipa

Tekanan pipa (psia)	Kecepatan angin (knot)	Kelas stabilitas		
		B	D	F
245	1,22	Z ₁	Z ₄	Z ₇
	1,57	Z ₂	Z ₅	Z ₈
	5,31	Z ₃	Z ₆	Z ₉
320,1	1,13	Z ₁₀	Z ₁₃	Z ₁₆
	1,57	Z ₁₁	Z ₁₄	Z ₁₇
	5,31	Z ₁₂	Z ₁₅	Z ₁₈
348	1	Z ₁₉	Z ₂₂	Z ₂₅
	1,57	Z ₂₀	Z ₂₃	Z ₂₆
	5,31	Z ₂₁	Z ₂₄	Z ₂₇

Tabel 4. 5 Matriks skenario untuk permodelan luasan *threat zone* pada titik *gas plant*

Kecepatan angin	Kelas stabilitas		
	B	D	F
1,22/ 1,13/ 1	Z ₂₈	Z ₃₁	Z ₃₄
1,57	Z ₂₉	Z ₃₂	Z ₃₅
5,31	Z ₃₀	Z ₃₃	Z ₃₆

Skenario yang digunakan pada penelitian dapat dilihat seperti Tabel 4.5 dan 4.6. Skenario tersebut yaitu:

1. Skenario Z₁, Z₄ dan Z₇ untuk mengetahui jarak persebaran dispersi terdekat.
2. Skenario Z₂-Z₉ untuk mengetahui jarak persebaran dispersi saat produksi sedang kecil.

3. Skenario Z_{10} - Z_{18} untuk mengetahui jarak persebaran dispersi saat produksi normal.
4. Skenario Z_{19} , Z_{22} dan Z_{25} untuk mengetahui jarak persebaran dispersi terjauh (kerugian paling tinggi)
5. Skenario Z_{20} - Z_{27} untuk mengetahui jarak persebaran dispersi saat produksi sedang tinggi.
6. Skenario Z_{28} – Z_{36} untuk mengetahui jarak persebaran dispersi pada *gas plant* dengan kondisi kecepatan angin terendah, rata-rata dan tertinggi.

4.2 Standar Baku Pemandangan

Hasil dari permodelan dispersi menggunakan ALOHA berupa luasan dan jarak terjauh dari *threat zone*. Penentuan standar untuk *threat zone* sendiri dapat beragam, namun standar yang paling sering digunakan adalah *Lower Explosive Limit* (LEL) untuk menentukan area rawan kebakaran saat terpapar dari emisi. Sedangkan untuk area yang berisiko pada efek kesehatan menggunakan *Acute Exposure Guideline Levels for Airbone Chemical* (AEGs). Standar baku yang digunakan juga bisa berbeda-beda tergantung dari industri terkait. Tabel 4.6 menunjukkan standar yang akan digunakan pada analisa ini.

LEL merupakan konsentrasi minimum dari gas atau uap yang mudah terbakar apabila terdapat sumber api. Penelitian ini menggunakan standar yang digunakan di ALOHA yaitu sebesar 50.000 ppm (LEL) dan 30.000 ppm (60% LEL). Selain standar ALOHA, juga digunakan standar dari PT. Chevron Pacific Indonesia yaitu yaitu 5.000 (10% LEL). Untuk *toxic area* digunakan standar dari ALOHA yaitu sebesar 400.000 ppm, 230.000 ppm dan 65.000 ppm.

Tabel 4. 6 Standar baku pemandangan

Standar Baku (ppm)	Sumber	Pemandangan
50.000	ALOHA	<i>Flammable area</i>
30.000	ALOHA	<i>Flammable area</i>
5.000	PT. Chevron Pacific Indonesia	<i>Flammable area</i>
400.000	ALOHA	<i>Toxic Area</i>

Standar Baku (ppm)	Sumber	Pembanding
230.000	ALOHA	Toxic Area
65.000	ALOHA	Toxic Area

4.3 Volume *Emergency Hydrocarbon Release*

Pada penelitian ini volume yang dibutuhkan adalah volume pada unit *flare*. Perhitungan dilakukan dengan pendekatan *flow rate* dan waktu terjadinya *venting*. Perhitungan menggunakan Persamaan 3.1.

$$t = f \frac{D^2}{d^2} L \Delta P \dots (3.1)$$

dimana:

t = lamanya *hydrocarbon release*

f = koefisien (0,38 min/Mpa.km)

L = Panjang pipa utama (km)

D = diameter pipa utama (m)

d = diameter pipa *vent* (m)

ΔP = perbedaan tekanan sebelum dan sesudah *hydrocarbon release* (Mpa)

4.3.1 Durasi *Hydrocarbon Release*

Dengan rumus yang telah dijelaskan sebelumnya, maka terlebih dahulu dihitung lama terjadinya *emergency hydrocarbon release*. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

D = 8 inci = 0,2 m = 0,0002 km

d = 8 inci = 0,2 m = 0,0002 km

L = 1650 kaki = 0,51 km

ΔP = 345 psia = 2,37 MPa

Didapatkan durasi dari *hydrocarbon release* adalah sebagai berikut:

$$t = f \frac{D^2}{d^2} L \Delta P$$

$$t = 0,38 \text{ min.} / \text{Mpa.km} \times \frac{(0,0002 \text{ km})^2}{(0,0002 \text{ km})^2} \times 0,51 \text{ km} \times 2,37 \text{ MPa}$$

$$t = 0,4683 \text{ menit} = 28,098 \text{ detik}$$

Durasi dari *emergency hydrocarbon release* yang digunakan adalah 29 detik, yang merupakan pembulatan dari 28,098 detik.

4.3.2 Volume Hydrocarbon Release

Pada PT. Chevron Pacific Indonesia, kegiatan *hydrocarbon release* sendiri bukan merupakan kegiatan rutin sehingga tidak terdapat data hitungan perhari. Oleh karena itu digunakan *massflow* aktual yang dapat dikeluarkan oleh unit *flare* tersebut. *Flow rate* yang digunakan adalah sebesar 9036 lb/jam yang merupakan hasil pengukuran pada lapangan dengan suhu sebesar 35 °C dan tekanan sebesar 345 psia. Dan dari data juga didapatkan bahwa rata-rata persentase dari gas metan adalah sebesar 72,95 %. Untuk mengetahui berapa volume gas metan pada saat *emergency hydrocarbon release* yang dihasilkan, dilakukan perkalian *massflow* dan durasi dari *emergency hydrocarbon release*. Perhitungan adalah dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Mass flow gas} &= 9036 \text{ lb/jam} \\ &= 4.098.661 \text{ gram/jam} \\ \% \text{ Gas Metan} &= 72,95 \% \\ \text{Suhu} &= 35 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 308 \text{ }^{\circ}\text{K} \\ \text{Tekanan} &= 345 \text{ psia} \\ &= 23,47 \text{ atm} \\ \text{Durasi} &= 29 \text{ detik} \\ &= 0,0081 \text{ jam} \end{aligned}$$

Maka:

$$P \times V = n \times R \times T$$

$$23,47 \text{ atm} \times V = \frac{4098661 \text{ gram/jam}}{16} \times 0,082 \frac{\text{L.atm}}{\text{K. mol}} \times 308 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$\begin{aligned} V &= 275.659,84 \frac{\text{L}}{\text{jam}} \times 72,95\% \times 0,0081 \text{ jam} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \\ V &= 1,63 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan volume *hydrocarbon release* adalah sebesar 1,63 m³. Selanjutnya volume ini akan dimasukkan dalam permodelan sehingga didapatkan volume *emergency hydrocarbon release* yang berpotensi membahayakan warga sekitar.

4.4 Analisa Dispersi Emisi dengan ALOHA

Pada Tabel 4.7 sampai dengan Tabel 4.10 menunjukkan hasil dari analisis dispersi emisi.

Tabel 4. 7 Hasil analisis dispersi *flammable* pada sumber pipa

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	50.000 ppm	30.000 ppm	5.000 ppm
Z ₁	0,25	0,32	0,74
Z ₂	0,23	0,29	0,66
Z ₃	0,13	0,16	0,38
Z ₄	0,53	0,67	1,9
Z ₅	0,45	0,59	1,6
Z ₆	0,25	0,32	0,8
Z ₇	1,4	1,9	5,6
Z ₈	1,0	1,4	4,7
Z ₉	0,52	0,69	2,1
Z ₁₀	0,29	0,36	0,84
Z ₁₁	0,26	0,33	0,74
Z ₁₂	0,14	0,19	0,43
Z ₁₃	0,59	0,77	2,1
Z ₁₄	0,52	0,68	1,8
Z ₁₅	0,28	0,37	0,92
Z ₁₆	1,6	2,3	6,4
Z ₁₇	1,2	1,7	5,5
Z ₁₈	0,6	0,8	2,5
Z ₁₉	0,3	0,38	0,87
Z ₂₀	0,27	0,34	0,77
Z ₂₁	0,15	0,19	0,45
Z ₂₂	0,64	0,84	2,3
Z ₂₃	0,54	0,71	1,9

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	50.000 ppm	30.000 ppm	5.000 ppm
Z₂₄	0,3	0,38	0,96
Z₂₅	1,7	2,4	6,6
Z₂₆	1,3	1,8	5,8
Z₂₇	0,63	0,84	2,6

Sumber: Perhitungan ALOHA

Tabel 4. 8 Hasil analisis dispersi *toxic* pada sumber pipa

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	400.000 ppm	230.000 ppm	65.000 ppm
Z₁	0,07	0,09	0,16
Z₂	0,06	0,08	0,14
Z₃	0,03	0,04	0,08
Z₄	0,13	0,17	0,33
Z₅	0,11	0,15	0,28
Z₆	0,06	0,08	0,15
Z₇	0,28	0,38	0,78
Z₈	0,22	0,29	0,60
Z₉	0,12	0,16	0,31
Z₁₀	0,07	0,10	0,18
Z₁₁	0,07	0,09	0,16
Z₁₂	0,04	0,05	0,09
Z₁₃	0,14	0,19	0,36
Z₁₄	0,13	0,17	0,32
Z₁₅	0,07	0,09	0,17
Z₁₆	0,32	0,44	0,91
Z₁₇	0,25	0,34	0,7
Z₁₈	0,14	0,18	0,36

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	400.000 ppm	230.000 ppm	65.000 ppm
Z₁₉	0,08	0,1	0,19
Z₂₀	0,07	0,09	0,17
Z₂₁	0,04	0,05	0,09
Z₂₂	0,16	0,21	0,39
Z₂₃	0,13	0,17	0,33
Z₂₄	0,07	0,10	0,18
Z₂₅	0,34	0,46	0,96
Z₂₆	0,26	0,36	0,73
Z₂₇	0,14	0,19	0,37

Sumber: Perhitungan ALOHA

Tabel 4. 9 Hasil analisis dispersi *flammable* pada sumber gas *plant*

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	50.000 ppm	30.000 ppm	5.000 ppm
Z₂₈	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₂₉	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₀	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₁	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₂	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₃	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₄	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₅	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₆	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Sumber: Perhitungan ALOHA

Tabel 4. 10 Hasil analisis dispersi *toxic* pada sumber gas *plant*

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	400.000 ppm	230.000 ppm	65.000 ppm
Z₂₈	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₂₉	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₀	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₁	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₂	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₃	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₄	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₅	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₆	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Sumber: Perhitungan ALOHA

Dari analisis dispersi pada program ALOHA, dapat dilihat pada sumber *flare* radius untuk *flammable area* dan *toxic area* tidak terdapat paparan yang melebihi batas baku yang ditetapkan. Hal ini dikarenakan data yang digunakan pada perhitungan volume merupakan gas yang dibuang *flare* pada operasional sehari-hari. *Flare* hanya digunakan untuk membuang tekanan gas yang berlebih ketika operasional secara normal, sehingga volume yang dihasilkan cenderung kecil dan tidak membahayakan. Kemudian dilakukan permodelan dengan besaran volume yang dikeluarkan adalah dengan kelipatan 10 kali, 50 kali dan 100 kali volume normal. Hasil yang didapat dapat dilihat pada Tabel 4.11 hingga 4.16.

Tabel 4. 11 Hasil analisis *flammable* dispersi pada sumber *flare* dengan 10 kali volume normal

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	50.000 ppm	30.000 ppm	5.000 ppm
Z₂₈	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₂₉	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	50.000 ppm	30.000 ppm	5.000 ppm
Z₃₀	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₁	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₂	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₃	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₄	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₅	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₆	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Sumber: Perhitungan ALOHA

Tabel 4. 12 Hasil analisis dispersi *toxic* pada sumber *flare* dengan 10 kali volume normal

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	400.000 ppm	230.000 ppm	50.000 ppm
Z₂₈	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₂₉	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₀	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₁	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₂	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₃	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₄	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₅	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₆	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Sumber: Perhitungan ALOHA

Tabel 4. 13 Hasil analisis dispersi *flammable* pada sumber *flare* dengan 50 kali volume normal

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	50.000 ppm	30.000 ppm	5.000 ppm
Z₂₈	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	0,05
Z₂₉	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₀	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₁	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	0,10
Z₃₂	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₃	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₄	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	0,15
Z₃₅	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₆	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Sumber: Perhitungan ALOHA

Tabel 4. 14 Hasil analisis dispersi *toxic* pada sumber *flare* dengan 50 kali volume normal

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	400.000 ppm	230.000 ppm	50.000 ppm
Z₂₈	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₂₉	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₀	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₁	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₂	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₃	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₄	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₅	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₆	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Sumber: Perhitungan ALOHA

Tabel 4. 15 Hasil analisis dispersi *flammable* pada sumber *flare* dengan 100 kali volume normal

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	50.000 ppm	30.000 ppm	5.000 ppm
Z₂₈	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	0,07
Z₂₉	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	0,07
Z₃₀	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₁	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	0,16
Z₃₂	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	0,13
Z₃₃	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₄	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	0,23
Z₃₅	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	0,21
Z₃₆	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Sumber: Perhitungan ALOHA

Tabel 4. 16 Hasil analisis dispersi *toxic* pada sumber *flare* dengan 100 kali volume normal

Skenario	Radius Bahaya (km)		
	400.000 ppm	230.000 ppm	50.000 ppm
Z₂₈	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₂₉	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₀	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₁	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₂	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₃	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₄	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₅	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi
Z₃₆	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Sumber: Perhitungan ALOHA

Dari hasil permodelan menggunakan ALOHA didapatkan pada volume 10 kali volume normal tidak terdapat paparan yang melebihi baku mutu. Lalu pada volume 50 kali volume normal didapatkan radius untuk *flammable area* terjauh sebesar 150 meter pada skenario Z₃₄, namun pada jarak ini tidak membahayakan warga sekitar sehingga belum bisa dikategorikan sebagai keadaan *emergency hydrocarbon release*. Selanjutnya pada 100 kali volume normal didapatkan radius terjauh dari *flammable area* yaitu sebesar 230 meter pada skenario Z₃₄. Berdasarkan citra satelit dari *Google Earth* didapatkan bahwa pada jarak tersebut dapat membahayakan penduduk sekitar. Oleh karena itu didapatkan volume *emergency hydrocarbon release* yaitu sebesar 163 m³.

4.5 Potensi Negatif Paling besar

Pada sumber pipa, analisa dilakukan dalam tiga kondisi tekanan, yaitu tekanan minimum (kondisi 1), tekanan rata-rata (kondisi 2) dan tekanan maksimum (kondisi 3). Pada kondisi 1, dapat dilihat bahwa radius terjauh sebesar 5.000 ppm ada sejauh 5,6 km untuk *flammable area* dan sebesar 65.000 ppm sejauh 0,78 km untuk *toxic area*, dimana radius terjauh didapatkan dari kondisi kecepatan angin 1 knot dan kelas stabilitas F (skenario Z₇).

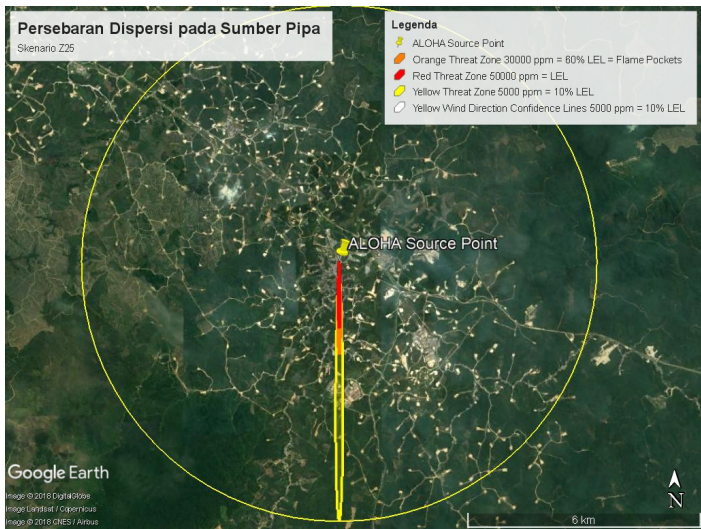
Pada kondisi 2 dan 3, radius *flammable area* dan *toxic area* terjauh juga terjadi pada kondisi kecepatan angin minimum (1 knot) dan kelas stabilitas F (skenario Z₁₆ dan Z₂₅). Untuk kondisi 2 radius *flammable area* terjauh adalah sejauh 6,4 km sebesar 5.000 ppm dan *toxic area* sebesar 65.000 ppm sejauh 0,91 km. Pada kondisi 3 radius paparan *flammable area* terjauh pada adalah 5.000 ppm sejauh 6,6 km dan radius untuk *toxic area* terjauh sebesar 65.000 ppm sejauh 0,96 km.

Berdasarkan hasil permodelan, didapatkan bahwa hasil radius bahaya tertinggi selalu merupakan hasil permodelan dari skenario pada kecepatan angin minimal (1 knot) dan kelas stabilitas cuaca F. Hal ini dapat dilihat dari Persamaan 2.1 (persamaan Gauss) dimana pada persamaan tersebut kecepatan angin berbanding terbalik dengan konsentrasi emisi pada koordinat (x,y, dan z). Dan juga faktor yang berpengaruh adalah kelas stabilitas cuaca, dimana kelas stabilitas F menandakan bahwa cuaca stabil sehingga konsentrasi emisi cenderung tinggi. Adapun potensi bahaya terhadap jumlah penduduk yang lebih

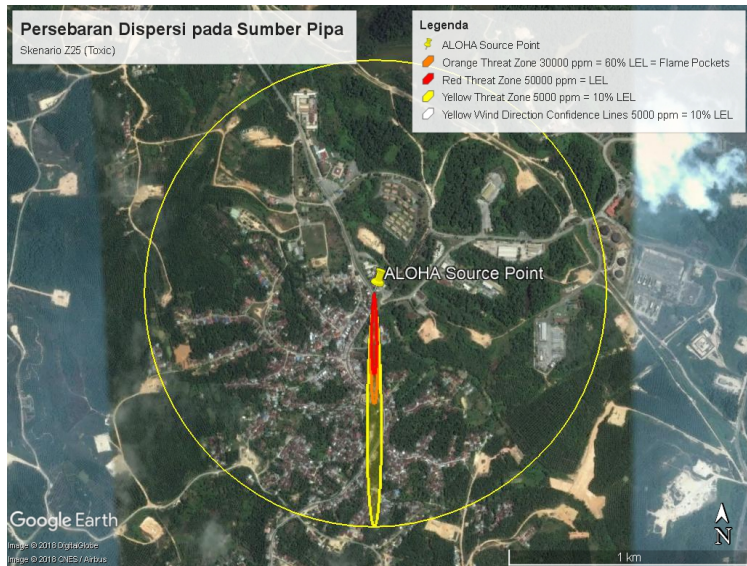
banyak terdapat pada arah selatan hingga tenggara, dimana area tersebut merupakan area pemukiman warga. Peta persebaran dapat dilihat pada Gambar 4.1 – 4.3



Gambar 4. 1 Peta persebaran dispersi *flammable* sumber gas *plant*



Gambar 4. 2 Peta persebaran dispersi *flammable* sumber pipa



Gambar 4. 3 Peta persebaran dispersi *toxic* sumber pipa

4.6 Perbandingan Model

Pada penelitian ini setelah dilakukan permodelan, dilakukan perbandingan model dengan model lain. perbandingan dilakukan dengan membandingkan hasil permodelan dari ALOHA dengan program yang sering digunakan untuk memodelkan situasi serupa, yaitu RMP COMP. Selanjutnya hasil dari kedua program dibandingkan dengan Persamaan 3.4.

$$Corr = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \dots (3.4)$$

dimana :

y_i = Nilai model

x_i = Nilai observasi (nilai pembanding)

Adapun data yang akan dipakai untuk perbandingan model merupakan hasil permodelan dengan skenario yang sama. Data yang digunakan ada pada Tabel 4.17

Tabel 4. 17 Data Verifikasi Model

Source (Pounds)	Hasil Model	
	RMP	ALOHA
200	80	80
400	100	114
600	110	139
800	120	160
1000	130	177
Rata - Rata	108	134

Sumber: Perhitungan RMP Comp

Maka berdasarkan data didapatkan:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x}) = 2940$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 76,589$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 38,471$$

$$Corr = \frac{2940}{76,589 \times 38,471}$$

$$Corr = 0,9978$$

Target nilai korelasi dicapai sudah diatas 0,572 dimana permodelan dapat dikatan telah berkorelasi.

4.7 Penilaian Potensi Risiko

Selanjutnya dilakukan penilaian terlebih dahulu dengan menggunakan faktor dari kemungkinan terjadinya risiko dan tingkat keparahan yang diakibatkan dari potensi risiko tersebut. Standar yang diacu dalam penilaian potensi risiko sendiri adalah AS/ANZ 4360:2004. Nantinya potensi risiko yang tinggi (*extreme risk*) akan dilakukan manajemen risiko. Adapun besaran nilai faktor frekuensi dan keparahan dapat dilihat pada Tabel 3.5-3.7.

Pada penelitian ini, potensi risiko pada *gas plant* dan pipa adalah kegagalan sistem, kebocoran unit, kapasitas terlampaui, ketidaksiapan pekerja dan kesalahan dalam instalasi. Pada potensi kegagalan sistem, kemungkinan terjadinya tidak terlalu

sering, namun dapat terjadi sesekali, sehingga diberi nilai *probability* sebesar 3. Sedangkan untuk tingkat keparahan yang dihasilkan besar, bisa mengakibatkan kerusakan parah dan dapat menghentikan kegiatan, oleh karena itu nilai *severity* diberikan sebesar 5.

Potensi risiko selanjutnya adalah kebocoran. Kebocoran bisa diartikan sebagai kebocoran pipa maupun kebocoran pada suatu unit. Kemungkinan terjadinya potensi risiko ini dapat terjadi sesekali, dimana bisa disebabkan oleh kecelakaan lalu lintas pada perpipaan yang berada di tepi jalan ataupun akibat umur unit yang butuh tindakan *maintenance* segera. Namun kemungkinan tersebut sudah dicegah dengan adanya *barrier* pada pipa di pinggir jalan dan jadwal *maintenance* rutin. Potensi ini diberi nilai *probability* sebesar 3. Untuk tingkat keparahan yang dihasilkan yaitu dapat menghentikan kegiatan produksi, namun sudah terdapat SOP saat terjadinya kebocoran dan terdapat *detector* yang dapat mendeteksi kebocoran secara langsung, sehingga diberi nilai *severity* sebesar 4.

Untuk potensi risiko kapasitas terlampaui, kemungkinan terjadinya dapat terjadi sesekali, dimana nilai *probability* yang diberikan sebesar 3. Sedangkan nilai *severity* sebesar 2. Hal ini dikarenakan pada saat kondisi kapasitas terlampaui, sudah terdapat sistem keamanan sehingga keparahan yang dihasilkan tidak terlalu besar. Selanjutnya adalah potensi risiko ketidaksiapan pekerja. Potensi risiko ini tergolong jarang terjadi dikarenakan pekerja yang akan memasuki lokasi pekerjaan akan diberikan pelatihan terlebih dahulu tentang proses yang akan dilakukan beserta keamanannya termasuk saat terjadi kecelakaan. Nilai *probability* yang diberikan sebesar 2. Tingkat keparahan yang dihasilkan dari potensi risiko ini dapat menyebabkan cedera berat dan kerugian besar, sehingga nilai *severity* yang diberikan adalah 4.

Potensi risiko selanjutnya adalah kesalahan dalam instalasi. Potensi risiko ini tergolong sangat jarang terjadi karena sebelum proses instalasi, pekerja sudah terlebih dahulu dapat pelatihan dan saat proses instalasi terdapat pengawas yang mengawasi pekerjaan. Nilai *probability* yang diberikan adalah sebesar 1. Tingkat keparahan yang disebabkan yaitu kerugian finansial yang cukup besar dan dapat menyebabkan cedera. Nilai

severity yang dihasilkan adalah sebesar 3. Hasil dari penilaian potensi risiko dapat dilihat pada Tabel 4.14-4.15

Tabel 4. 18 Hasil Penilaian potensi risiko pada gas plant

Risiko	Potensi Risiko	P	S	Keterangan
Ledakan	Kegagalan sistem	3	5	<i>Extreme risk</i>
	Kebocoran	3	4	<i>Extreme risk</i>
	Kapasitas terlampaui	3	2	<i>Medium risk</i>
	Ketidaksigapan pekerja	2	4	<i>High risk</i>
	Kesalahan dalam instalasi	1	3	<i>Low risk</i>
Paparan gas beracun	Kegagalan sistem	3	5	<i>Extreme risk</i>
	Kebocoran	3	4	<i>Extreme risk</i>
	Kapasitas terlampaui	3	2	<i>Medium risk</i>
	Ketidaksigapan pekerja	2	4	<i>High risk</i>
	Kesalahan dalam instalasi	1	3	<i>Low risk</i>

Tabel 4. 19 Hasil Penilaian potensi risiko pada pipa

Risiko	Potensi Risiko	P	S	Keterangan
Ledakan	Kegagalan sistem	3	5	<i>Extreme risk</i>
	Kebocoran	3	4	<i>Extreme risk</i>
	Kapasitas terlampaui	3	2	<i>Medium risk</i>
	Ketidaksigapan pekerja	2	4	<i>High risk</i>
	Kesalahan dalam instalasi	1	3	<i>Low risk</i>
Paparan gas beracun	Kegagalan sistem	3	5	<i>Extreme risk</i>
	Kebocoran	3	4	<i>Extreme risk</i>
	Kapasitas terlampaui	3	2	<i>Medium risk</i>
	Ketidaksigapan pekerja	2	4	<i>High risk</i>
	Kesalahan dalam instalasi	1	3	<i>Low risk</i>

Berdasarkan hasil penilaian didapatkan bahwa potensi risiko yang akan dibuatkan manajemen risiko adalah potensi dari kegagalan sistem dan kebocoran unit untuk *gas plant* dan kegagalan sistem dan kebocoran pipa untuk jalur pipa, dimana potensi risiko tersebut dinilai sebagai *extreme risk* (risiko sangat tinggi).

4.8 Manajemen Risiko

Setelah dilakukan analisis dispersi emisi dari sumber *flare* dan pipa maka selanjutnya dilakukan manajemen risiko. Manajemen risiko dilakukan untuk mengelola dampak yang terjadi akibat kecelakaan, baik secara pencegahan maupun penanggulangannya. Pada penelitian ini acuan yang digunakan untuk manajemen risiko adalah *major hazard management worksheet plan* oleh DNV-GL. *Major hazard management worksheet plan* nantinya dapat diadaptasi menjadi standar operasional prosedur (SOP), yang berisi langkah-langkah pencegahan agar tidak terjadinya kecelakaan dan juga langkah-langkah yang harus dilakukan saat kondisi darurat. Manajemen risiko dan SOP yang telah dibuat dapat dilihat pada lampiran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian kali ini adalah:

1. Volume gas metan yang dihasilkan pada *emergency hydrocarbon release* adalah sebesar 163 m³. Volume gas tersebut didapat pada unit flare.
2. *Threat zone* terjauh didapat pada kecepatan angin minimum dan kelas stabilitas F. Pada unit *flare* yaitu sejauh 290 m untuk *flammable area*. Sedangkan untuk sumber pipa yaitu sejauh 6,6 km untuk *flammable area* dan 960 m untuk *toxic area* (pada tekanan maksimum).
3. Manajemen Risiko telah dibuat berdasarkan model manajemen risiko setelah penilaian potensi oleh DNV-GL, yaitu menggunakan *major hazard worksheet management plan* dan setelah itu dibuat standar operasional prosedur. Manajemen risiko tersebut dilakukan oleh pihak pengelola (PT. Chevron Pacific Indonesia) dan pemerintah (kecamatan terkait).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk menambah akurasi dari penelitian kali ini adalah:

1. Perangkat ALOHA menggunakan prinsip Gauss yang dimodifikasi oleh Pallazi (1982), namun untuk melengkapi hasil penelitian dapat digunakan model lain.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Rahman, Adel Ahmed. 2008. **On the Atmospheric Dispersion and Gaussian Plume Model**. International Conference on Waste Management, Water Pollution, Air Pollution, and Indoor Climate
- Alimah, S., Priambodo, D., Mellawati J. 2017. **Analisis Potensi bahaya Ledakan SPPBE di Sekitar Calon Tapak SPPBE**. Jurnal M.P.I. Vol 11 (1).
- Amir-Heidari, P., Ebrahemzadih, M., Fazarani, H., Khoubi, J. 2014. **Quantitive Risk Assessment in Iran's Natural Gas Distribution Network**. Journal of Safety Science and Technology. Vol 4 (1). 59-71.
- Bakar, Abu A.M. 2006. **Persebaran Kualitas Udara pada Daerah Industri Migas Studi Kasus Di PT. Pertamina UP VI Balongan**. Depok: FMIPA Universitas Indonesia.
- Berg, Heinz-Peter. 2010. **Risk Management: Procedure, Methods and Experiences**. Journal RT&A. Vol 1 (2).
- Briggs, Gary A. 1965. **A Plume Rise Model Compared with Observations**. Journal of the Air Pollution Control Association. Vol 15(9)
- Briggs, Gary A. 1975. **Diffusion estimation for small emissions : preliminary draft**. Oak Ridge, TN: Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory.
- Bruno, Sportisse. 2010. **Fundamentals In Air Pollution From Process To Modelling**. New York: Springer.
- Colls, Jeremy. 2010: **Air Pollution Measurement , Modelling And Mitigation, Third Edition**. New York: Routledge.
- Coons, T., Walker, R., 2008. **Community Health Risk Analysis of Oil dan Gas Industry in Garfield Country**. Saccomano Research Institute.

- DjohanPutro, B. 2008. **Manajemen Risiko**. Jakarta: Pendidikan dan Pembinaan Manajemen Jakarta.
- DNV GL. 2007. **Building Risk Competence**.
- Humaida, H., Zaenudin, A., Sutaningsih, N. E., Sulistyo, Y. 2010. **Semburan Gas dan Dampaknya Terhadap Lingkungan di Sekitar Lumpur Sidoarjo**. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi. Vol. 1 (1).
- Jo, J.Y., Kwon, Y.S., Lee, J.W., Park, J.S., Rho, B.H., Choi, W. 2013. **Acute Respiratory Distress Due to Methane Inhalation**. Tuberculosis and Respiratory Diseases. Vol 74 (3).
- Mckenzie, L. M., Witter. R. Z., Newman, L. S., Adegate, J. L., 2012. **Human Health Risk Assessment of air Emissions from Development of Unconventional Natural Gas Resources**. Science of the Total Environment. Vol 1 (1).
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2009. **Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak bagi Usaha dan/atau Kegiatan minyak dan Gas Bumi**.
- NOAA. 2013. **ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) 5.4.4 Technical Documentation**. Seattle: Office of Response and Restoration.
- Pasquill, F. 1961. **The Estimation of The Dispersion of Windborne Material**. Meteorological Magazine.
- Patel, P., Sohani, N. 2015. **Hazard Evaluation Using ALOHA Tool in Storage Area of an Oil Refinery**. International Journal of Research in Engineering and Technology. Vol 4 (12).
- Permatasari, A.A.I. 2014 **Analisis Sebaran Pencemaran Udara Menggunakan Model Dispersi Gauss dan Pemetaan Arcgis 10**. Semarang: UNDIP.
- Permatasari, D.I., Sunarsih, E., Faisya, H.A.F. 2016. **Analisis Konsekuensi Kebakaran dan Ledakan pada Tangki LPG**

(Liquefied Petroleum Gas) di PT. Surya Esa Perkasa TBK Palembang. Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat. Vol 7.

Radifan, M., Syafei, A. D. 2016. **Analisis Dispersi Emisi Hidrokarbon pada Onshore Receiving Facilities menggunakan ALOHA 5.4.5.** Surabaya: ITS.

Ramdhani, R, Ratna, R., Wibawa, G. 2015. **Desain Pabrik Ethylene dari Gas Alam di Teluk Bintuni Papua Barat.** Surabaya: ITS.

Sankar, J. 2010. **Hydrocarbon Poisoning.** Indian Journal of Emergency Pediatrics. Vol 2 (2).

Schaufele, Markus E. 2013. **Toxic and Flammable Gases in Research Laboratories: Considerations for Controls and Continuous Leak Detection.** Journal of Chemical Health and Safety. Vol 20 (3)

Sklet, S. 2005. **Hydrocarbon Releases on Oil and Gas Production Platforms: Release Scenarios and Safety Barriers.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Vol. 2.

Standards Australia. 1999. **AS/NZS 4360:1999 Risk management.** Standards Australia. Sydney.

Sugiarti, 2009. **Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya bagi Kesehatan Manusia.** Jurnal Chemica. Vol 10 (1).

Tombotte, M., Chazette, P., Sportisse, B., Roustan, Y. **Simulation of Aerosol Optical Properties Over Europe with a 3-D Size-Resolved Aerosol Model: Comparisons with AERONET Data.** Atmospheric Chemistry and Physics. Vol. 8. 7115-7132.

Tormoehlen, L.H., Tekulve, K.J., Nanagas, K.A. 2014. **Hydrocarbon Toxicity: A Review.** Clinical Toxicology. Vol 52. 479-489.

Tseng, J.M., Su, T.S., Kuo, C.Y. 2012. **Consequence Evaluation of Toxic Chemical Releases by ALOHA.** Procedia Engineering. Vol 45.

Visscher, A. 2014. **Air Dispersion Modelling: Foundation and Applications.** Kanada: University of Calgary.

- Vishnu, V., Kurian, M. C., George, B. K. 2016. **Dispersion Modelling for Risk Assessment**. International Research Journal of Engineering and Technology. Vol 2 (8).
- Yi, Xiong. 2014. **Research of Emergency Venting Time in Natural Gas Pipeline Accidents with SPS**. Journal of Safety Science and Technology. Vol 1.
- Yusuf, M., Ibrahim, E., Saleh, E., Ridho, M.R., Iskandar, I. 2016. **The Relationship between the Decline of Oxygen and the Increase of Methane Gas (CH₄) Emissions on the Environment Health of the Plant**. International Journal of Collaborative Research on Internal Medicine & Public Health. Vol. 8 (7).
- Zongchao, Tan. 2014. **Air Pollution and Greenhouse Gases**. Singapura:Springer.
- Øien, K. 2001. **Risk Indicators as a Tool for Risk Control**. Realibility Engineering & System Safety. Vol 74 (2).

LAMPIRAN I DATA METEOROLOGI

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
01/01/2017	26,9	84	1	N	5
02/01/2017	26,6	85	2	N	4
03/01/2017	27,9	78	2	N	5
04/01/2017	25,7	87		N	3
05/01/2017	27,5	72	1	N	3
06/01/2017	27,4	82	1	N	4
07/01/2017	28	74	1	N	4
08/01/2017	27,9	76		N	3
09/01/2017	27,4	74	2	N	6
10/01/2017	27,9	71	1	N	5
11/01/2017	28,9	75	1	N	5
12/01/2017	28	73		N	4
13/01/2017	28,2	71	1	N	4
14/01/2017	27,3	80	1	N	4
15/01/2017	28,5	76	2	N	10
16/01/2017	27	77	2	N	6
17/01/2017	27,4	75	1	N	4
18/01/2017	27,4	75	1	N	4
19/01/2017	27,1	81	2	N	5
20/01/2017	26,3	80	1	N	3
21/01/2017	27,3	80	2	N	4
22/01/2017	26,8	83	1	N	4
23/01/2017	24,1	97	2	N	5
24/01/2017	24,5	89	3	N	7
25/01/2017	24,9	88	2	NW	5

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
26/01/2017	24,9	91	2	N	5
27/01/2017	24,5	95	1	N	5
28/01/2017	26,3	83	2	N	8
29/01/2017	26,3	85	1	N	4
30/01/2017	27,5	81	2	N	5
31/01/2017	25,1	88	1	N	4
01/02/2017	25,6	88	1	N	4
02/02/2017	25	86		N	3
03/02/2017	27,7	80	2	N	5
04/02/2017	28,1	80	2	N	4
05/02/2017	28,2	78	2	N	5
06/02/2017	27,2	67	2	N	9
07/02/2017	27	78	2	N	7
08/02/2017	27,5	74	2	N	5
09/02/2017	27,8	76	2	N	9
10/02/2017	27,7	78	3	NW	7
11/02/2017	26	87	1	N	4
12/02/2017	26,5	82	2	N	7
13/02/2017	26,4	86	3	N	7
14/02/2017	26,3	84	3	N	7
15/02/2017	26,2	81	1	N	4
16/02/2017	26,3	83	1	N	5
17/02/2017	26,8	81	1	N	4
18/02/2017	26,8	88	1	N	3
19/02/2017	27,3	82	1	N	4
20/02/2017	26,9	81	2	N	6
21/02/2017	25,8	91	1	N	5

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
22/02/2017	25,7	90	1	N	5
23/02/2017	27,1	83	1	N	5
24/02/2017	25,6	81		N	3
25/02/2017	27,1	82	1	N	6
26/02/2017	25,2	92	1	N	4
27/02/2017	25,9	89	2	N	5
28/02/2017	25,6	93	1	N	6
01/03/2017	25,8	88	2	N	5
02/03/2017	25,8	87	1	N	5
03/03/2017	24,2	96	1	N	3
04/03/2017	26	88	1	N	4
05/03/2017	26,2	82	2	N	5
06/03/2017	26,5	82	2	N	7
07/03/2017	27,2	80	1	N	3
08/03/2017	28,2	76	1	N	4
09/03/2017	27,7	82	1	N	5
10/03/2017	26,2	83	1	N	6
11/03/2017	26,6	88	1	N	7
12/03/2017	27,7	80	2	N	5
13/03/2017	28,1	76	2	N	6
14/03/2017	26,6	89	1	N	5
15/03/2017	27,2	79	1	N	4
16/03/2017	26,5	90	1	N	4
17/03/2017	27,6	80	2	N	5
18/03/2017	26,1	88	1	N	4
19/03/2017	27,2	81	1	N	5
20/03/2017	26,8	84	2	N	5

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
21/03/2017	31,2	64	3	N	6
22/03/2017	29,1	76	2	N	7
23/03/2017	27,9	82	1	N	5
24/03/2017	27,1	80	1	N	4
25/03/2017	27,8	83	2	N	6
26/03/2017	26,8	87	2	N	5
27/03/2017	26,5	82	1	N	6
28/03/2017	25,6	93	1	N	6
29/03/2017	27,4	81	1	N	4
30/03/2017	26,3	87	1	N	4
31/03/2017	27,7	76	1	N	4
01/04/2017	27,3	84	2	N	7
02/04/2017	26,8	81	2	N	6
03/04/2017	28,1	79	2	N	7
04/04/2017	27,3	83	2	N	6
05/04/2017	27,4	81	2	N	4
06/04/2017	28	80	2	N	5
07/04/2017	28,6	80	2	N	7
08/04/2017	27,4	84	1	N	3
09/04/2017	27,1	89	1	N	8
10/04/2017	27,1	84		N	3
11/04/2017	27,9	82		N	3
12/04/2017	27,1	84	1	N	5
13/04/2017	28,3	77	2	N	4
14/04/2017	27	85	1	N	5
15/04/2017	26,2	91	1	N	5
16/04/2017	27,7	81		N	4

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
18/04/2017	24,7	91	1	N	4
19/04/2017	28	83	1	N	5
20/04/2017	27,6	82		N	4
21/04/2017	28,1	81	1	N	5
22/04/2017	27,6	82	1	N	7
23/04/2017	28,5	77	1	N	5
24/04/2017	26,9	86	1	N	4
25/04/2017	27,1	83	2	N	6
26/04/2017	27,1	84	2	N	5
27/04/2017	27	86	2	N	7
28/04/2017	26,6	83		N	2
29/04/2017	28,6	77	2	N	6
30/04/2017	26,5	86		N	3
01/05/2017	28	84	2	N	6
02/05/2017	27,8	82		N	3
03/05/2017			1	N	7
04/05/2017	27,8	84		N	3
05/05/2017	27,1	85		N	4
06/05/2017	26,3	87	1	N	4
07/05/2017	27,5	85		N	3
08/05/2017	27,9	86	2	N	4
09/05/2017	26,2	91	1	N	7
10/05/2017	26,2	89	1	N	4
11/05/2017	27,4	83	1	N	6
12/05/2017	28,1	82	1	N	5
13/05/2017	28,3	78	1	N	5
14/05/2017	28,3	81	2	N	7

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
15/05/2017	28,4	77	1	N	5
17/05/2017	28,6	78	2	N	6
18/05/2017	27,3	88	2	N	4
19/05/2017	28,3	80	1	N	6
20/05/2017	28,2	85	1	N	6
21/05/2017	28,2	82		N	5
22/05/2017	28,5	82		N	3
23/05/2017	29,2	77	1	N	4
24/05/2017	28,8	79	1	N	5
25/05/2017	29,2	82	2	N	5
26/05/2017	25,6	89		N	2
27/05/2017	28,4	83	1	N	8
28/05/2017	27	86		N	3
29/05/2017	28,7	78	2	N	8
30/05/2017	26,1	85		N	3
31/05/2017	26,6	90	1	N	7
01/06/2017	27	85	1	N	3
03/06/2017	29,3	78	1	N	4
05/06/2017	28,8	75	1	N	3
06/06/2017	28,4	72	1	N	4
07/06/2017	28,9	77	1	N	5
08/06/2017	29,3	79	1	N	5
09/06/2017	28,4	84	2	N	5
10/06/2017	26,5	89	2	N	7
11/06/2017	27,4	83	1	N	6
12/06/2017	28,3	79	1	N	5
13/06/2017	28,8	80	3	N	7

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
14/06/2017	25,4	89	1	N	4
15/06/2017	28,4	78		N	4
16/06/2017	27	86	1	N	5
17/06/2017	28,2	80	2	N	6
18/06/2017	26,9	85	1	N	5
19/06/2017	27,5	76		N	4
20/06/2017	28,6	76		N	3
21/06/2017	27,7	81	1	N	5
22/06/2017	28,9	79	2	N	9
23/06/2017	24,7	90	1	N	3
24/06/2017	27,4	81		N	3
25/06/2017			1	N	4
26/06/2017	27,4	82		N	3
27/06/2017	27,7	84		N	4
28/06/2017	28,2	82	2	N	5
29/06/2017	26	82	1	N	10
30/06/2017	27,2	77	1	N	4
01/07/2017	28,6	79	1	N	5
02/07/2017	27,3	84	1	N	4
03/07/2017	25,4	91	1	N	4
04/07/2017	27,6	81	2	N	5
05/07/2017	25,9	89	1	N	5
06/07/2017	27	84	1	N	5
07/07/2017	27,8	74	2	N	8
08/07/2017	27,1	81	1	N	5
09/07/2017	26,1	82	2	N	6
10/07/2017	27,3	82	2	N	6

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
11/07/2017	26	87	1	N	4
12/07/2017	26,1	87	2	N	6
13/07/2017			2	N	6
14/07/2017	26,5	82	2	N	6
15/07/2017			1	N	3
16/07/2017	27,4	80	2	S	4
17/07/2017	28,5	76	2	N	4
18/07/2017	28,3	78	2	N	5
19/07/2017	28,1	79	1	N	6
20/07/2017	28,4	74	1	N	6
21/07/2017	28,5	78	2	N	6
22/07/2017	28,4	77	2	N	6
23/07/2017	28,9	74	2	N	5
24/07/2017	29,1	74	2	N	6
25/07/2017	29,1	77	2	N	5
26/07/2017	27,3	79	1	N	5
27/07/2017	28,7	75	3	N	8
28/07/2017	26,7	86	1	N	4
29/07/2017	27,7	78	2	N	5
30/07/2017	28,8	79	2	N	6
31/07/2017	28,8	77	2	N	5
01/08/2017	28,6	76	2	N	7
02/08/2017	27,5	79	1	N	5
03/08/2017	26,7	82	4	N	35
04/08/2017	27,7	77	1	N	5
05/08/2017	28,1	79	2	N	6
06/08/2017	29,2	73	2	N	6

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
07/08/2017	29,1	74	2	N	6
08/08/2017	26,5	85	2	N	9
09/08/2017	27,3	77	2	N	5
10/08/2017	25,5	91	2	N	13
11/08/2017	26,1	86	1	N	5
12/08/2017	25,5	88	1	N	5
13/08/2017	26,7	81	1	N	5
14/08/2017	27	83	1	N	6
15/08/2017	26	86	2	N	6
16/08/2017	27,8	77	1	N	4
17/08/2017	27	84	2	N	6
18/08/2017			2	N	4
19/08/2017	27,1	82	2	N	6
20/08/2017	28	81	2	N	5
21/08/2017	26	89	3	S	6
22/08/2017	25,1	86	2	N	5
23/08/2017	27,8	78	2	N	8
24/08/2017	27,9	83	1	N	5
25/08/2017	28,2	81	2	S	5
26/08/2017	28,2	80	2	N	6
27/08/2017	26,3	87	1	N	5
28/08/2017	27,5	79	4	S	8
30/08/2017	27,8	80	1	N	5
31/08/2017	28,8	78	3	SE	6
01/09/2017					
02/09/2017					
03/09/2017	26,4	86	2	N	7

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
04/09/2017					
05/09/2017					
06/09/2017					
07/09/2017	27,2	83	2	N	4
08/09/2017	26,6	89	2	N	8
09/09/2017					
10/09/2017					
11/09/2017	26,4	85		N	3
12/09/2017					
13/09/2017	28,6	77	2	N	4
14/09/2017	26,8	87	1	N	4
15/09/2017					
16/09/2017					
17/09/2017					
18/09/2017	26,8	82	1	N	5
19/09/2017	26,6	85	2	N	5
20/09/2017					
21/09/2017					
22/09/2017					
23/09/2017					
24/09/2017					
25/09/2017	27,7	81	2	N	5
26/09/2017	27,4	80	2	N	8
27/09/2017					
28/09/2017					
29/09/2017					
30/09/2017					

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
01/10/2017	27,3	85	1	N	3
02/10/2017	26,1	84	1	N	7
03/10/2017	29,1	76	1	N	5
04/10/2017	25,3	92	1	N	4
05/10/2017	27,1	81	2	N	7
06/10/2017	27,2	81	1	N	5
07/10/2017	28,1	80	2	N	8
08/10/2017	27,6	79	1	N	4
09/10/2017	27	86	1	N	7
10/10/2017	27,7	80	1	N	4
11/10/2017	28,6	77	1	N	4
12/10/2017	27,8	81	2	N	5
13/10/2017	25,6	87	1	N	6
14/10/2017	27,7	79	1	N	3
15/10/2017	28,9	73	1	N	5
16/10/2017	28,1	76		N	3
17/10/2017	28,7	72	1	N	5
18/10/2017	29,1	67	1	N	4
19/10/2017	28,8	69		N	4
20/10/2017	29,5	68	1	N	4
21/10/2017	29,4	73	2	N	5
22/10/2017	28,3	76	1	N	4
23/10/2017	29	74	2	N	5
24/10/2017	28,9	74	2	N	9
25/10/2017	27,7	80	2	N	5
26/10/2017	28,2	78	1	N	5
27/10/2017	28,2	75	1	N	4

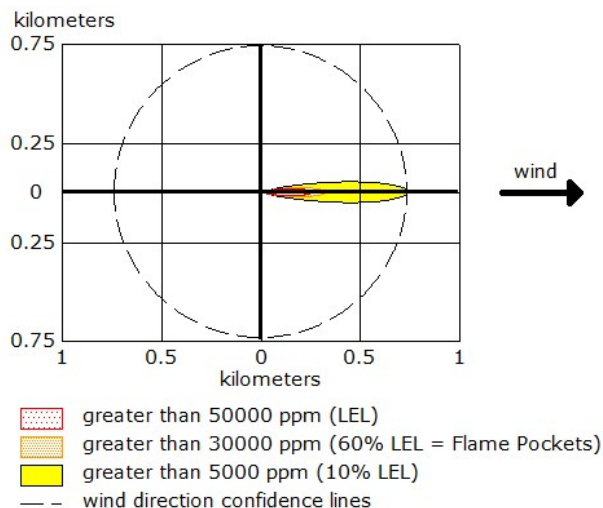
Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
28/10/2017	29,1	73	2	N	5
29/10/2017	27,1	81	1	N	8
30/10/2017	26,1	89	1	N	4
31/10/2017	26,3	89		N	3
01/11/2017	28,2	79	2	N	8
02/11/2017	26,9	83	1	N	5
03/11/2017	26,7	85	1	N	5
04/11/2017	28	80	1	N	5
05/11/2017	27,9	83	1	N	3
06/11/2017	26,7	86	2	N	9
07/11/2017	25,4	90	1	N	10
08/11/2017	25,3	93	1	N	5
09/11/2017	26,9	81	1	N	5
10/11/2017	27,2	82	2	N	5
11/11/2017	26,3	86	1	N	9
12/11/2017	25,8	86	2	N	7
13/11/2017	27,1	84	1	N	8
14/11/2017	24,9	91		N	3
15/11/2017	26,9	83	2	N	6
16/11/2017	27,5	84	1	N	4
17/11/2017	25,6	90	1	N	4
18/11/2017	26,7	84	1	N	5
19/11/2017	27,1	83	1	N	6
20/11/2017	27,3	83	2	N	6
21/11/2017	27,2	85	1	N	4
22/11/2017	27,3	81	1	N	5
23/11/2017	27	83	2	N	6

Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
24/11/2017	27,2	81	3	N	9
25/11/2017	27,3	82	2	N	10
26/11/2017	27,1	83	2	N	5
27/11/2017	25,7	88	2	N	9
28/11/2017	26,5	84	2	N	6
29/11/2017	27,9	78	4	NW	8
30/11/2017	27,3	77	3	N	9
01/12/2017	28,6	77		N	4
02/12/2017	28,5	80		N	3
03/12/2017	28,6	81		N	3
04/12/2017	28,8	78	1	N	3
05/12/2017	28,6	80		N	3
06/12/2017	28,7	76	1	N	6
07/12/2017	27,9	81		N	3
08/12/2017	27,9	78	3	N	9
09/12/2017	26,2	87	1	N	3
10/12/2017	27	82		N	3
11/12/2017	26	91		N	3
12/12/2017	27,3	78	2	N	6
13/12/2017	27,7	77	2	N	6
14/12/2017	28,2	72	2	N	7
15/12/2017	27,5	76	2	N	5
16/12/2017	25,7	88	1	N	3
17/12/2017	25,9	88	1	N	4
18/12/2017	26,8	83	2	N	8
19/12/2017	25,9	86	1	N	4
20/12/2017	26,2	88	2	N	5

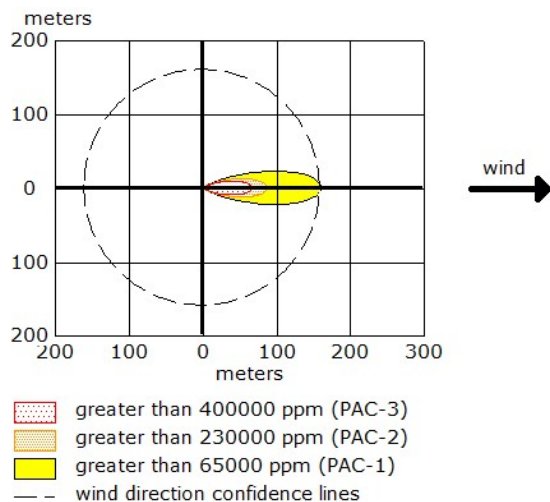
Tanggal	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban Rata-rata (%)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)
21/12/2017	26,4	86		N	3
22/12/2017	27,2	83	3	N	9
23/12/2017	27,6	80	3	N	6
24/12/2017	26,6	86	2	N	6
25/12/2017	25,7	88	2	N	5
26/12/2017	25,9	87	2	N	6
27/12/2017	26,8	82	2	N	7
28/12/2017	27,6	81	2	N	8
29/12/2017	26,7	87	2	N	9
30/12/2017	27	87	2	N	4
31/12/2017	24,7	95	2	N	6

LAMPIRAN II HASIL PERMODELAN ALOHA

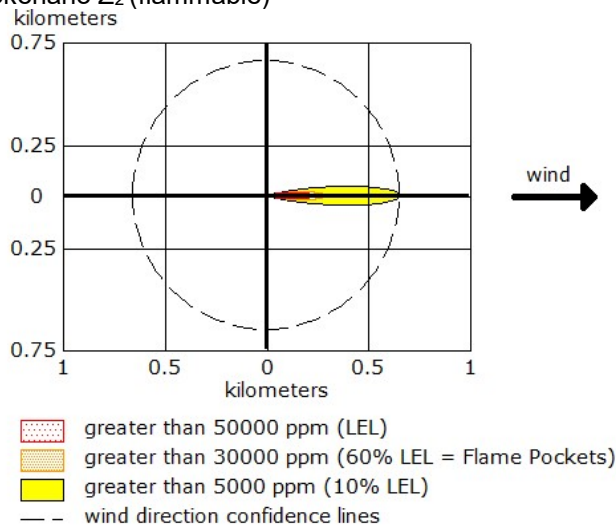
Skenario Z₁ (flammable)



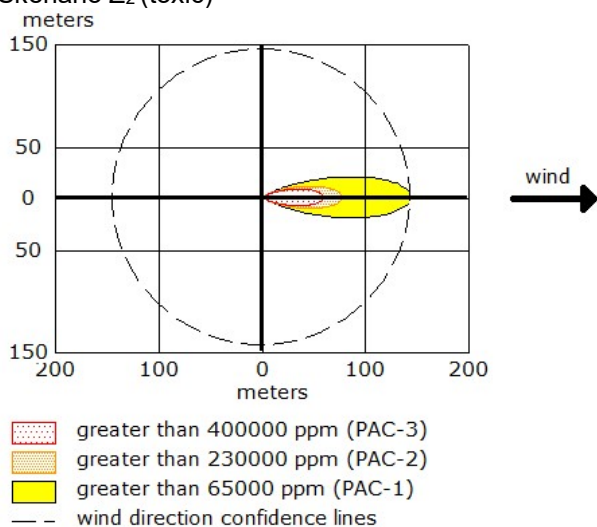
Skenario Z₁ (toxic)



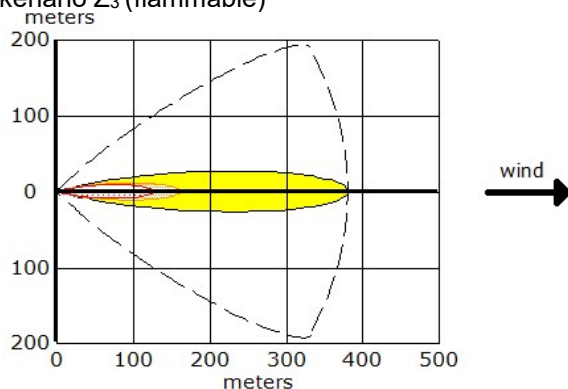
Skenario Z₂ (flammable)






Skenario Z₂ (toxic)

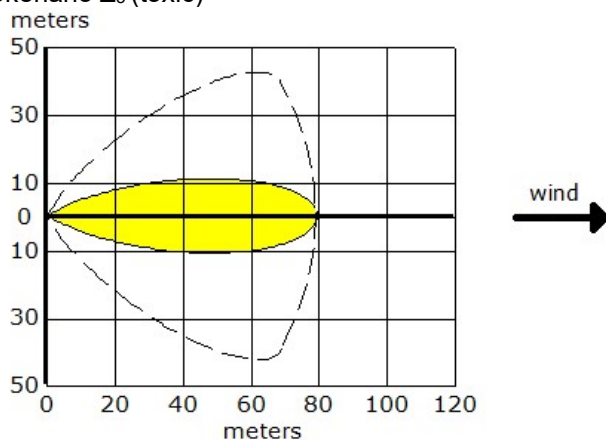





Skenario Z₃ (flammable)



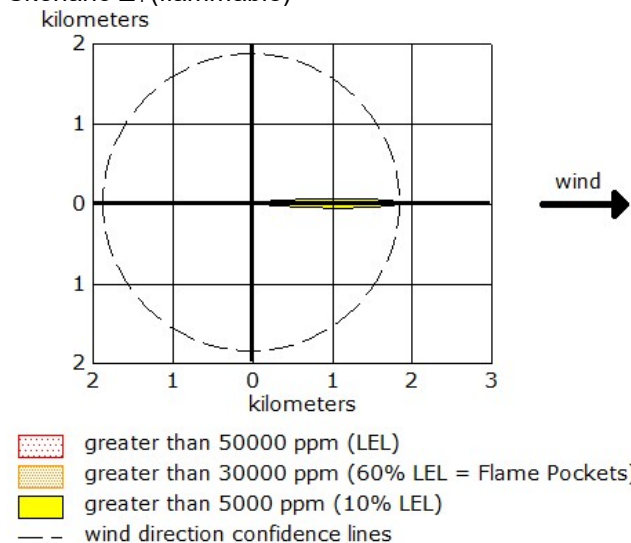
-  greater than 50000 ppm (LEL)
-  greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
-  greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₃ (toxic)

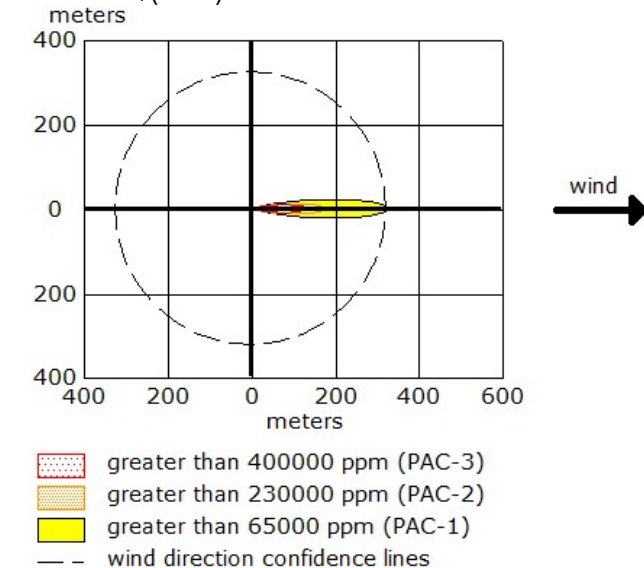


-  greater than 400000 ppm (PAC-3) (not drawn)
-  greater than 230000 ppm (PAC-2) (not drawn)
-  greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

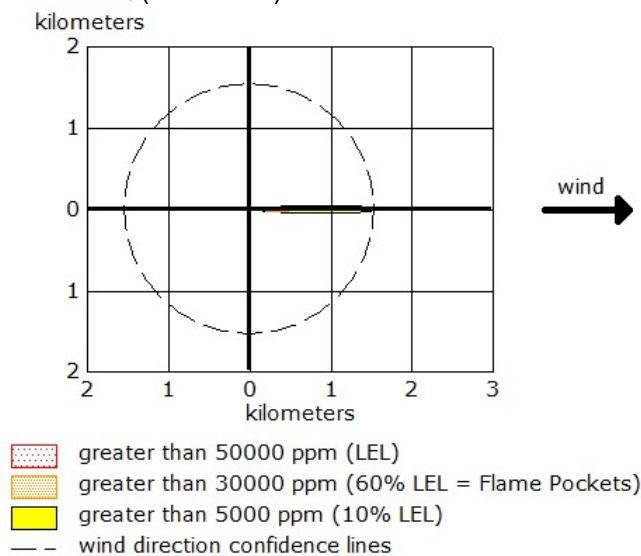
Skenario Z₄ (flammable)



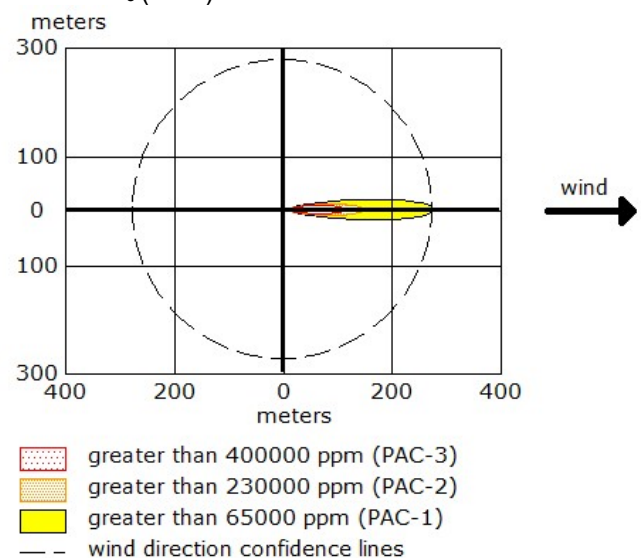
Skenario Z₄ (toxic)



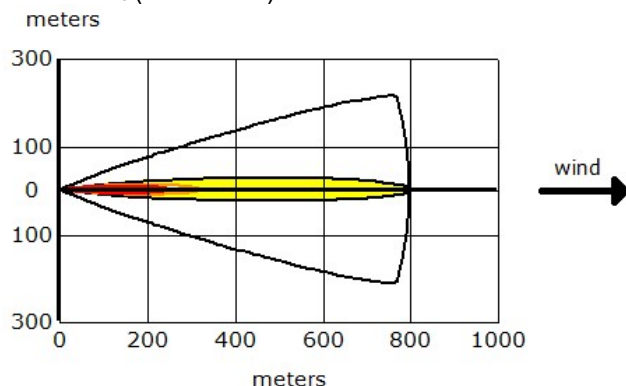
Skenario Z₅ (flammable)



Skenario Z₅ (toxic)

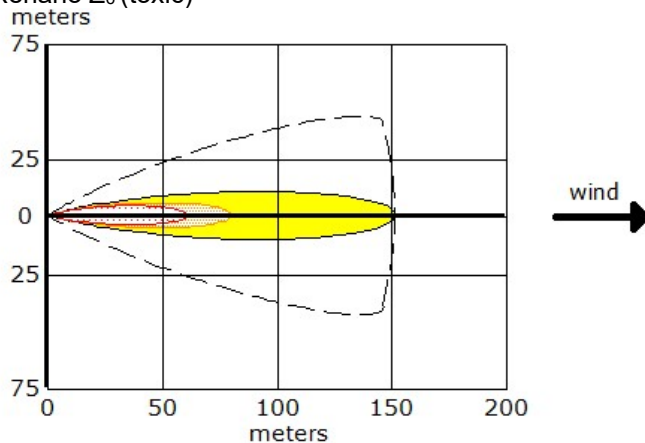


Skenario Z₆ (flammable)



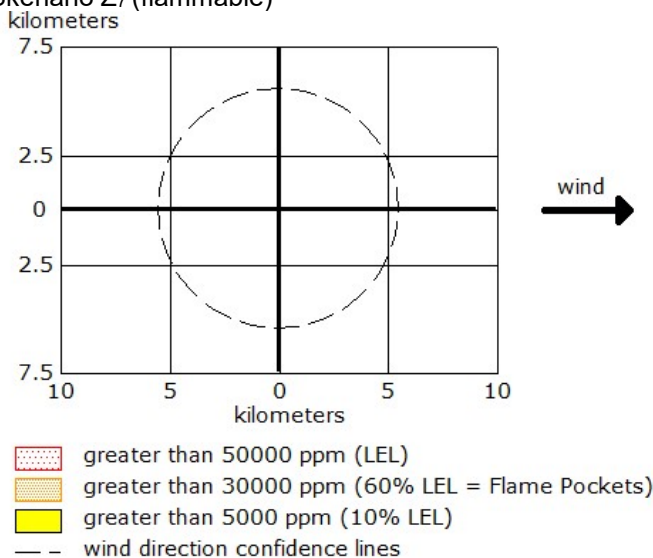
- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- wind direction confidence lines

Skenario Z₆ (toxic)

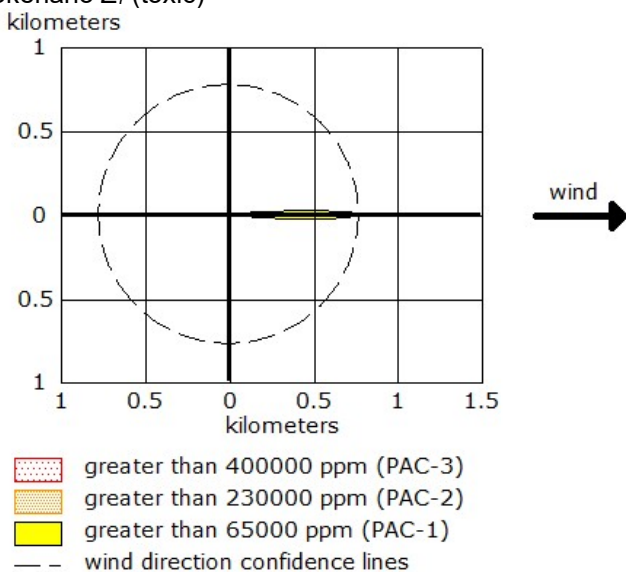


- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- wind direction confidence lines

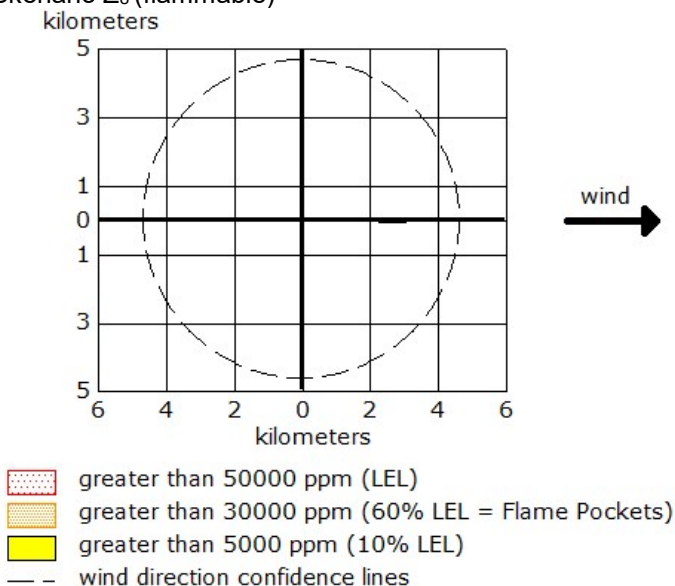
Skenario Z₇ (flammable)



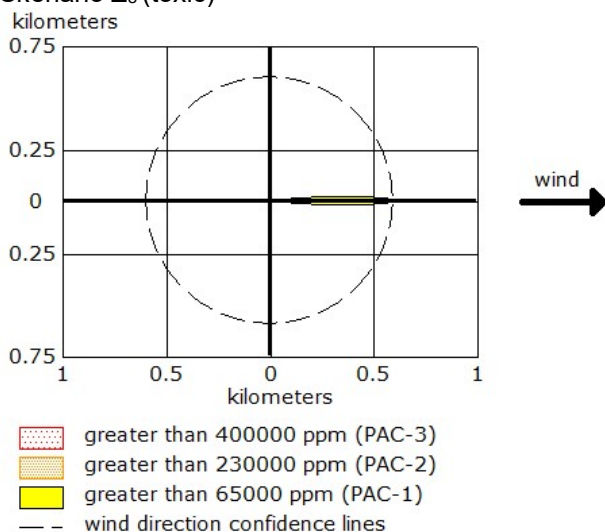
Skenario Z₇ (toxic)



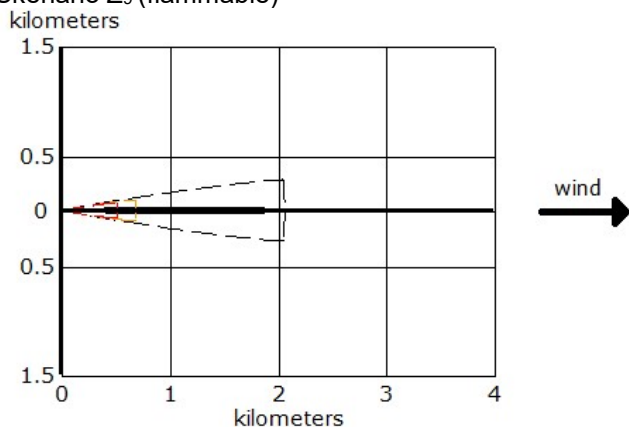
Skenario Z₈ (flammable)



Skenario Z₈ (toxic)

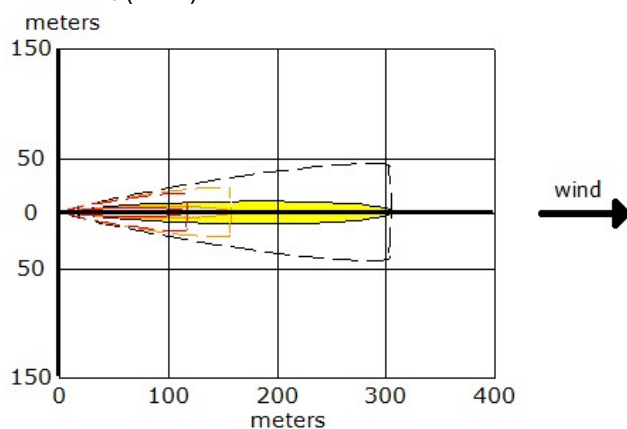


Skenario Z₉ (flammable)



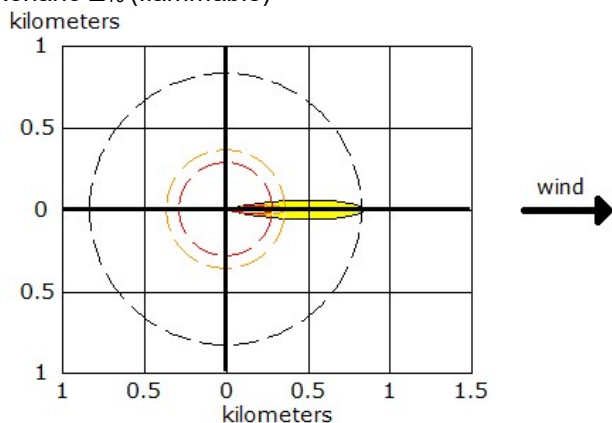
- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₉ (toxic)



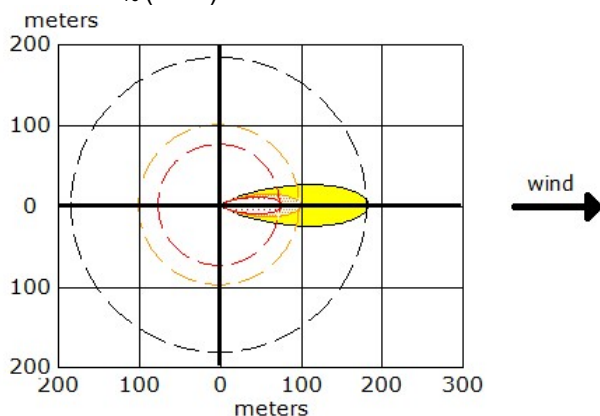
- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₁₀ (flammable)



- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- wind direction confidence lines

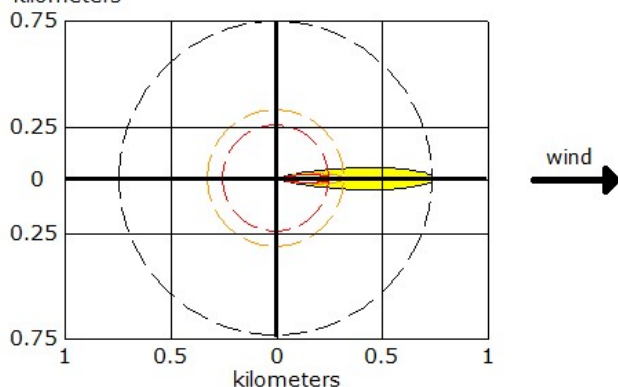
Skenario Z₁₀ (toxic)







- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- wind direction confidence lines

Skenario Z₁₁ (flammable)

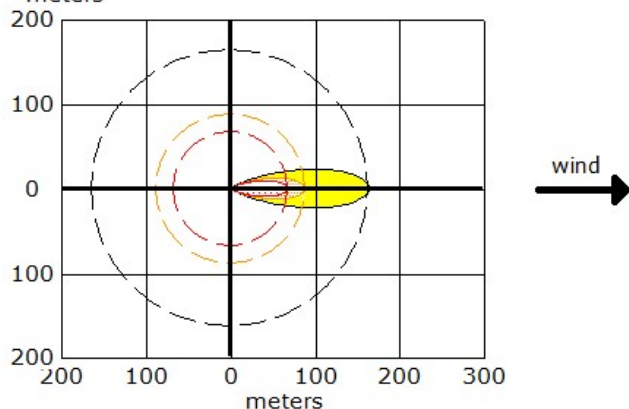
kilometers







-  greater than 50000 ppm (LEL)
-  greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
-  greater than 5000 ppm (10% LEL)
-  wind direction confidence lines

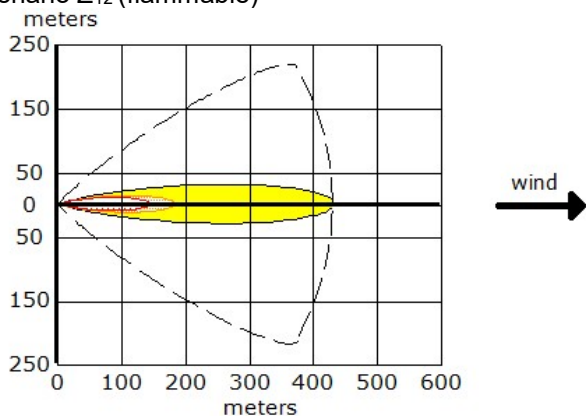
Skenario Z₁₁ (toxic)





meters



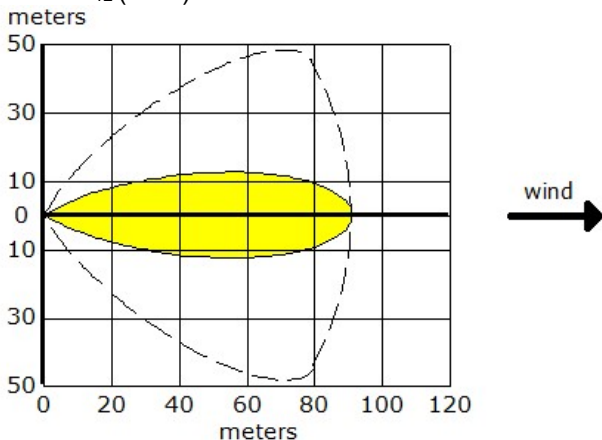
-  greater than 400000 ppm (PAC-3)
-  greater than 230000 ppm (PAC-2)
-  greater than 65000 ppm (PAC-1)
-  wind direction confidence lines





Skenario Z₁₂ (flammable)



-  greater than 50000 ppm (LEL)
-  greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
-  greater than 5000 ppm (10% LEL)
-  wind direction confidence lines

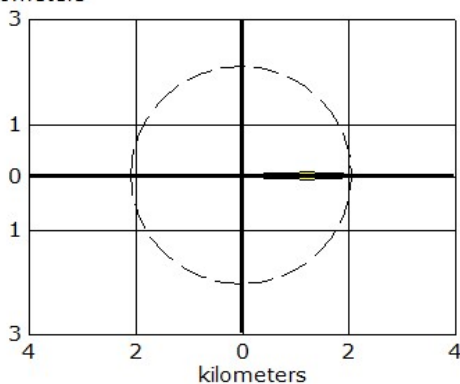
Skenario Z₁₂ (toxic)



-  greater than 400000 ppm (PAC-3) (not drawn)
-  greater than 230000 ppm (PAC-2) (not drawn)
-  greater than 65000 ppm (PAC-1)
-  wind direction confidence lines

Skenario Z₁₃ (flammable)

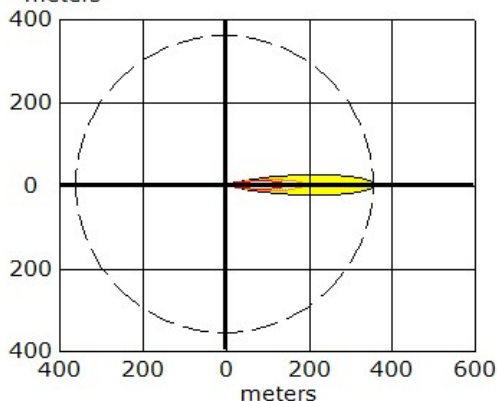
kilometers



- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

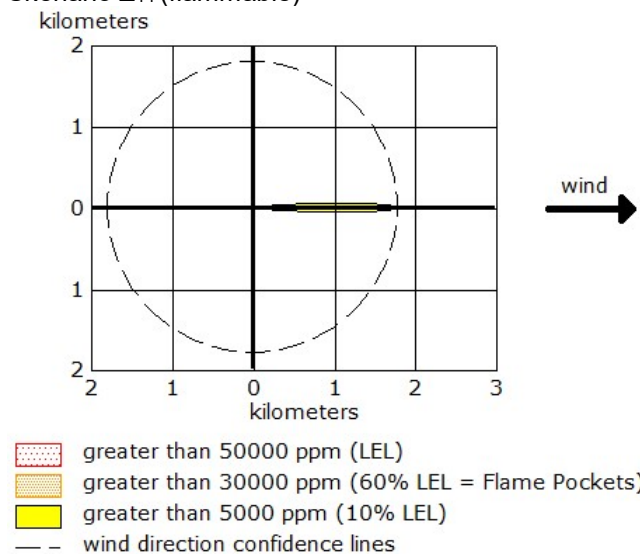
Skenario Z₁₃ (toxic)

meters

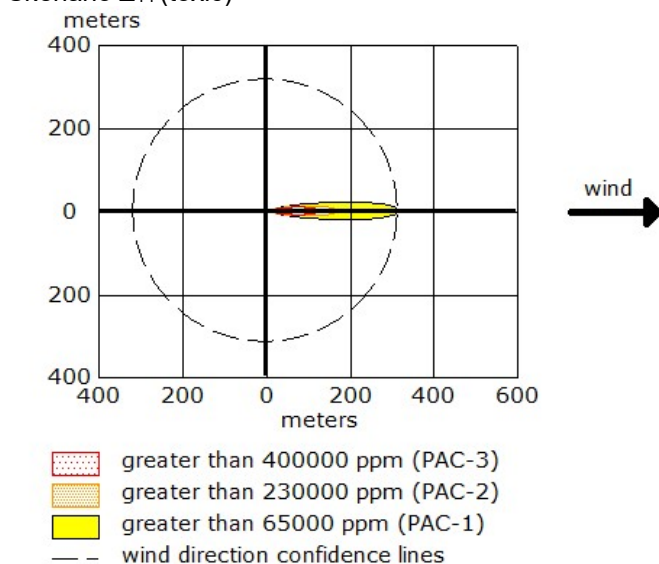


- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

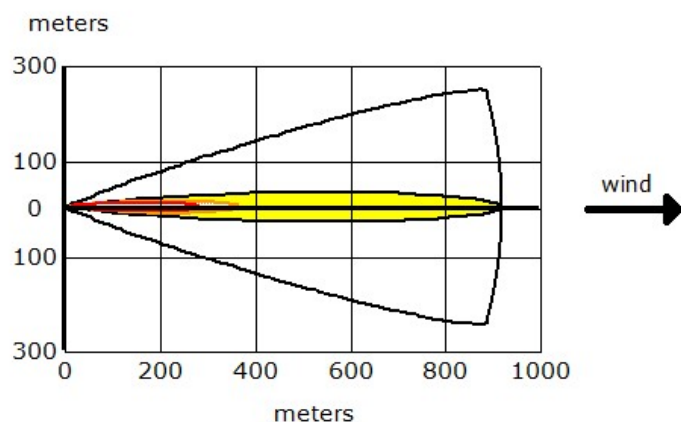
Skenario Z₁₄ (flammable)



Skenario Z₁₄ (toxic)

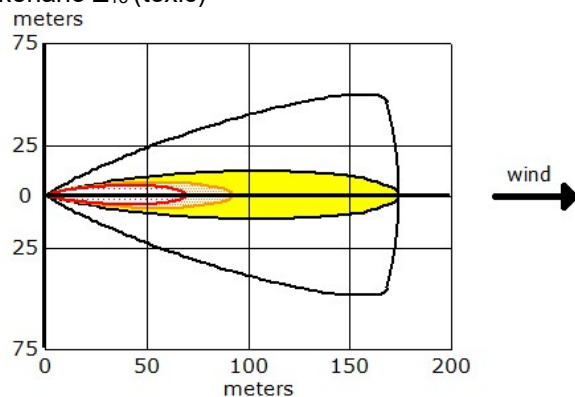


Skenario Z₁₅ (flammable)



- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

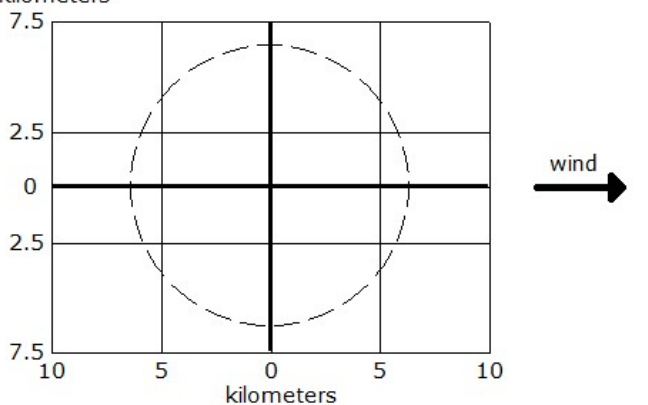
Skenario Z₁₅ (toxic)



- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₁₆ (flammable)

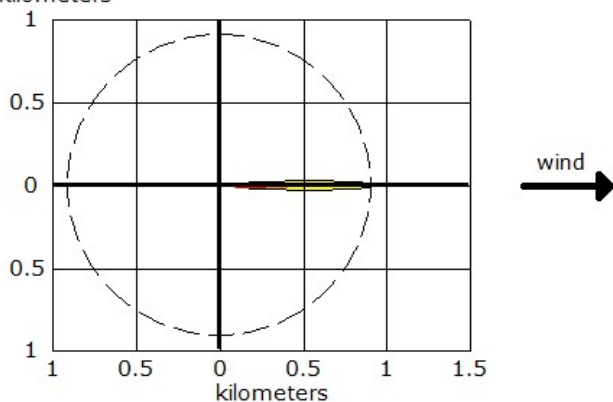
kilometers



- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₁₆ (toxic)

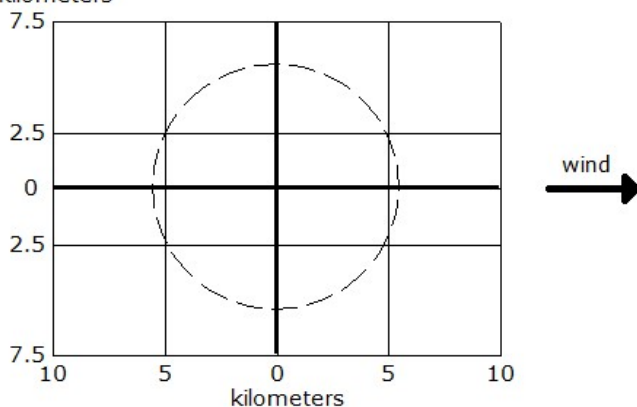
kilometers






- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₁₇ (flammable)

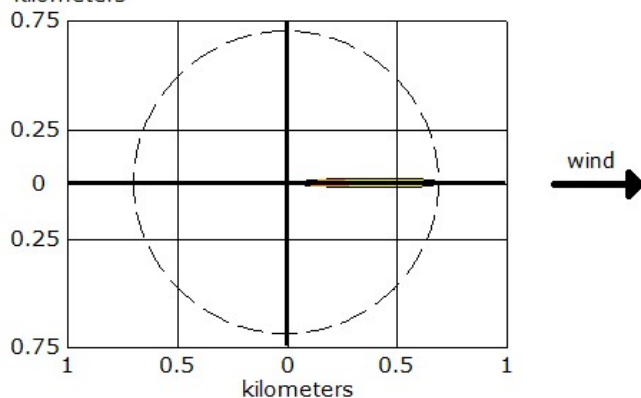
kilometers






-  greater than 50000 ppm (LEL)
-  greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
-  greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

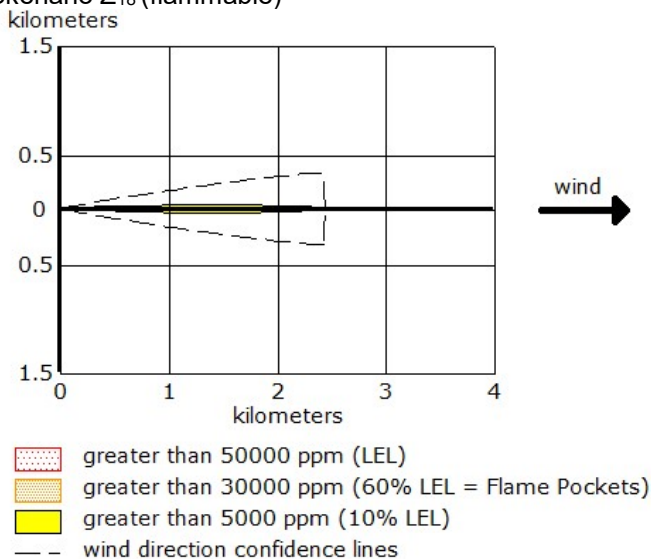
Skenario Z₁₇ (toxic)

kilometers

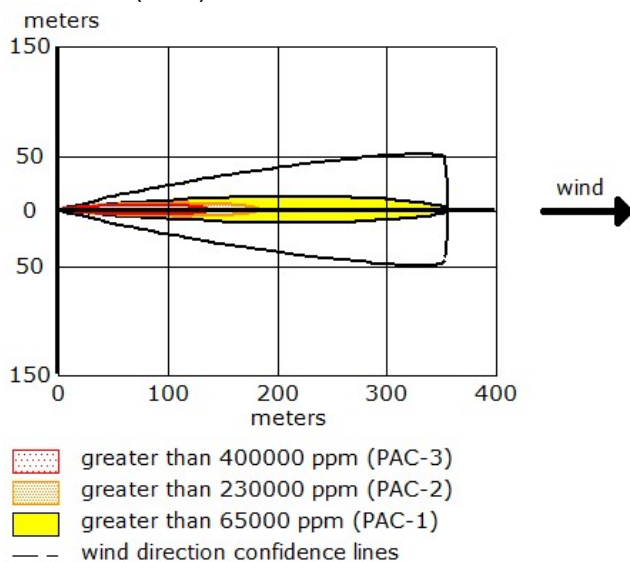


-  greater than 400000 ppm (PAC-3)
-  greater than 230000 ppm (PAC-2)
-  greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₁₈ (flammable)

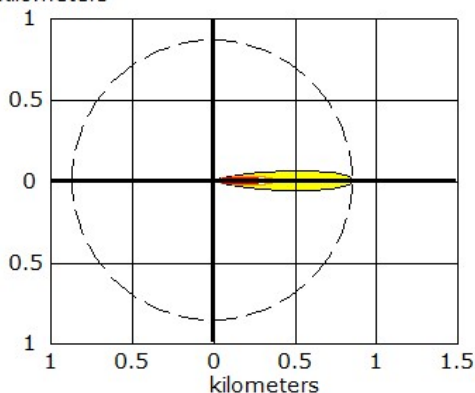





Skenario Z₁₈ (toxic)



Skenario Z₁₉ (flammable)

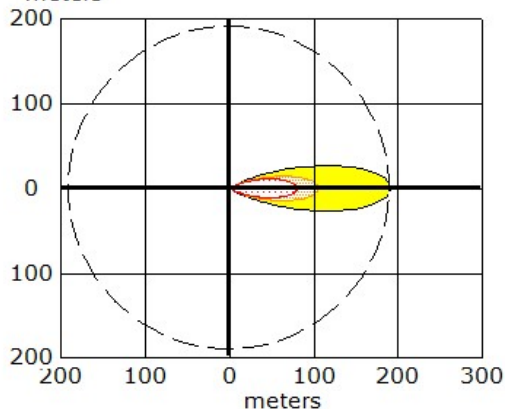
kilometers






-  greater than 50000 ppm (LEL)
-  greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
-  greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

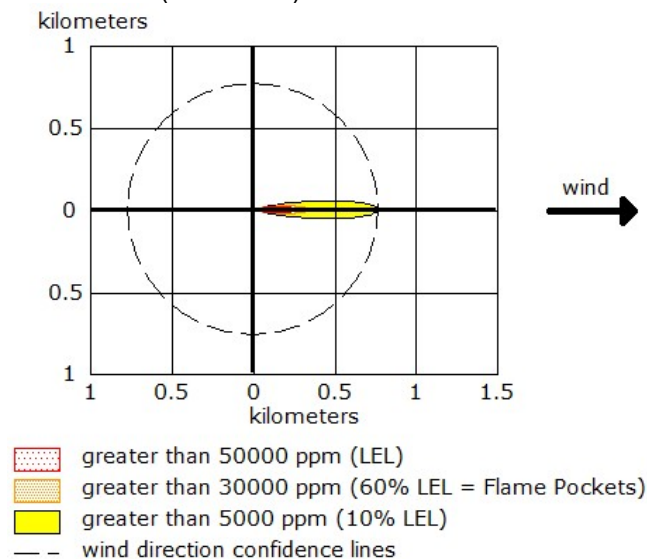
Skenario Z₁₉ (toxic)

meters

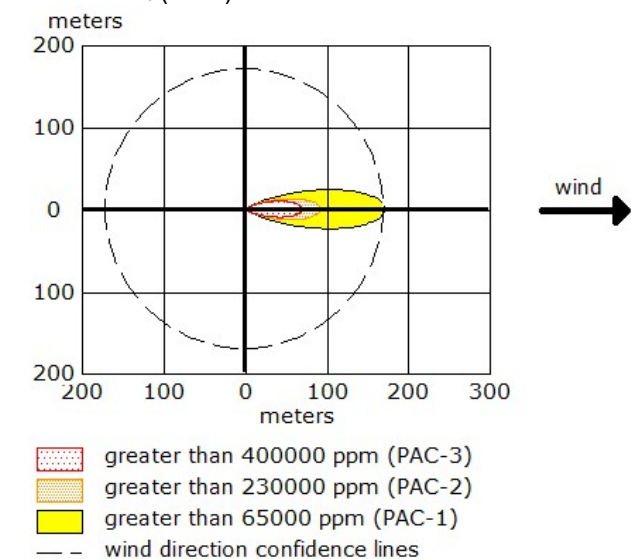


-  greater than 400000 ppm (PAC-3)
-  greater than 230000 ppm (PAC-2)
-  greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

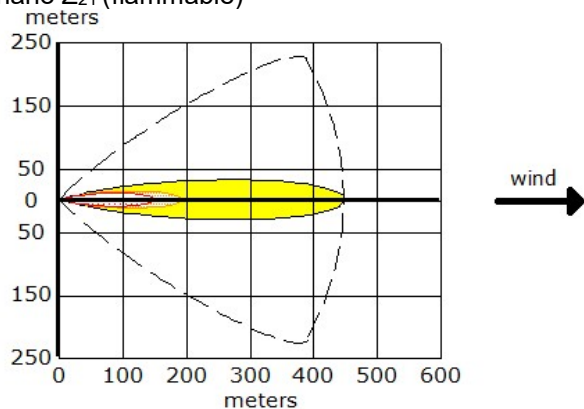
Skenario Z₂₀ (flammable)







Skenario Z₂₀ (toxic)

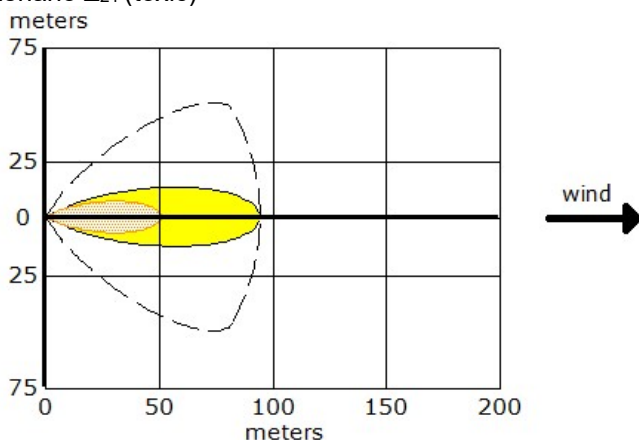






Skenario Z₂₁ (flammable)



-  greater than 50000 ppm (LEL)
-  greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
-  greater than 5000 ppm (10% LEL)
-  wind direction confidence lines

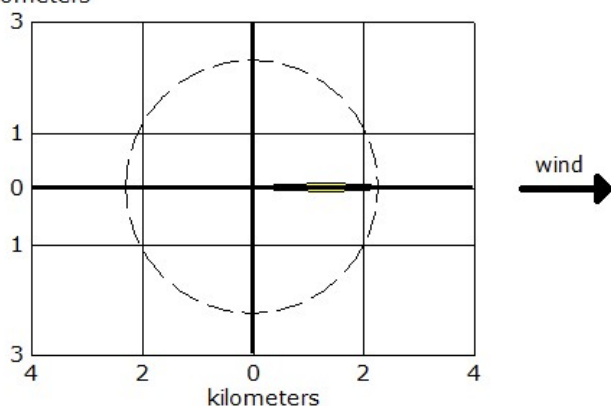
Skenario Z₂₁ (toxic)



-  greater than 400000 ppm (PAC-3) (not drawn)
-  greater than 230000 ppm (PAC-2)
-  greater than 65000 ppm (PAC-1)
-  wind direction confidence lines

Skenario Z₂₂ (flammable)

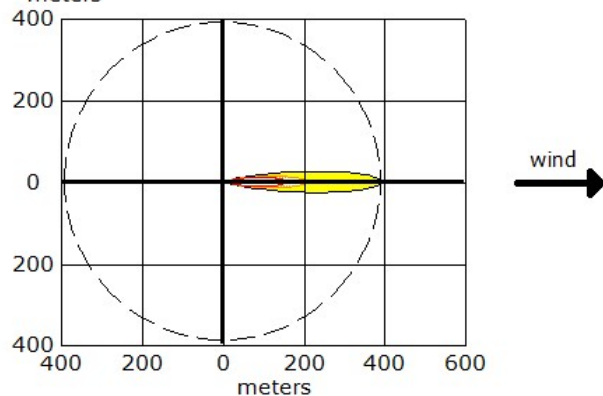
kilometers



- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- wind direction confidence lines

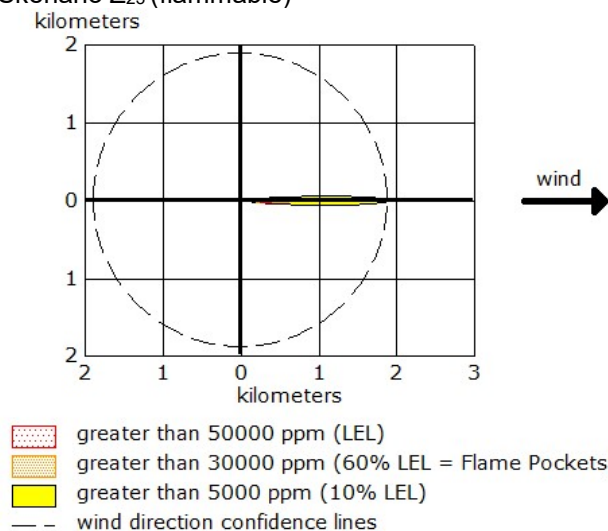
Skenario Z₂₂ (toxic)

meters

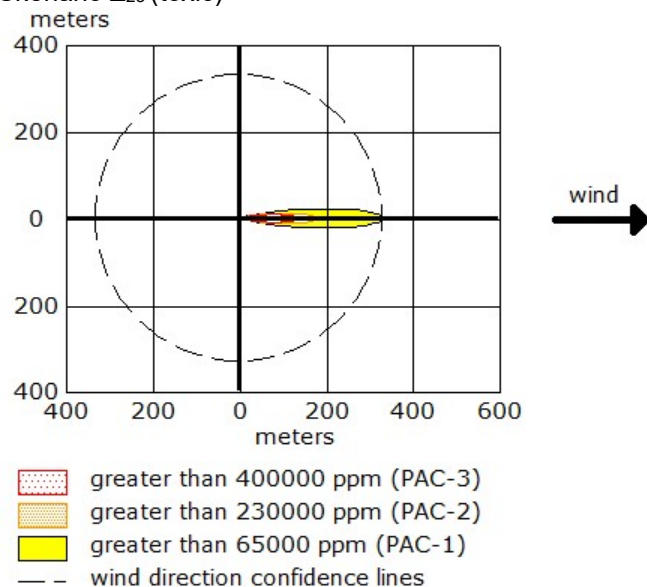


- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- wind direction confidence lines

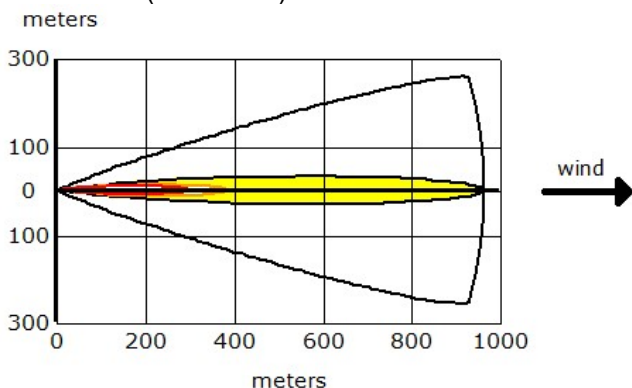
Skenario Z₂₃ (flammable)



Skenario Z₂₃ (toxic)

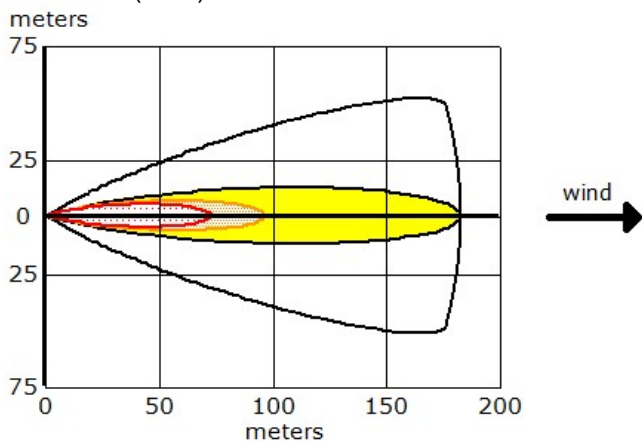


Skenario Z₂₄ (flammable)



- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

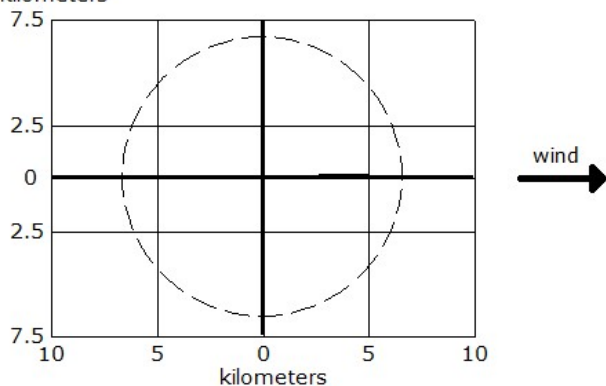
Skenario Z₂₄ (toxic)



- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₂₅ (flammable)

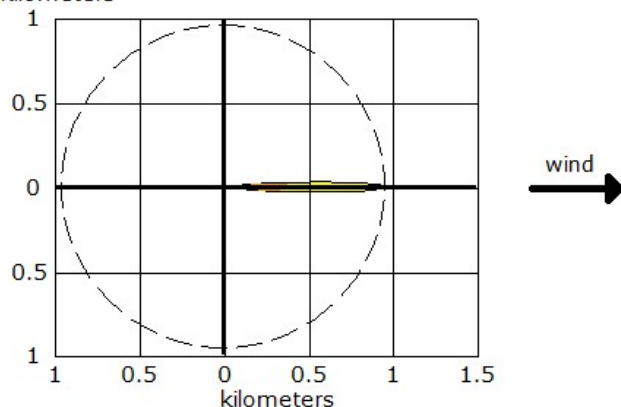
kilometers



- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₂₅ (toxic)

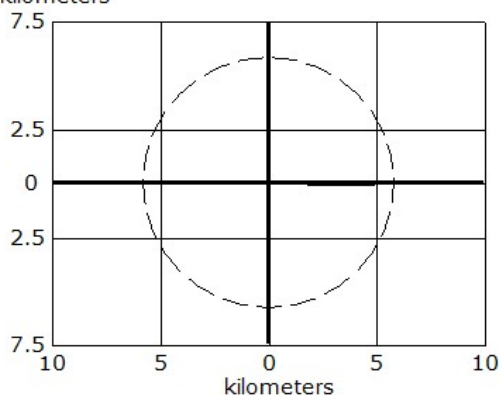
kilometers







- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₂₆ (flammable)

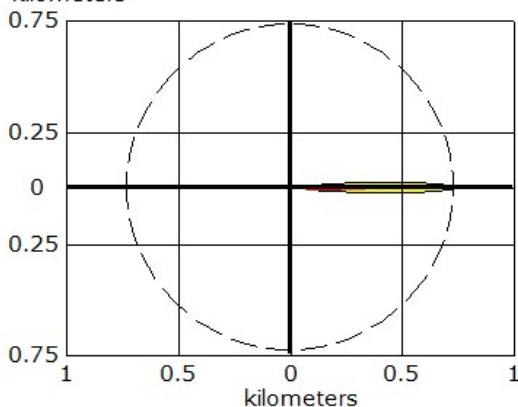
kilometers







-  greater than 50000 ppm (LEL)
-  greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
-  greater than 5000 ppm (10% LEL)
-  wind direction confidence lines

Skenario Z₂₆ (toxic)

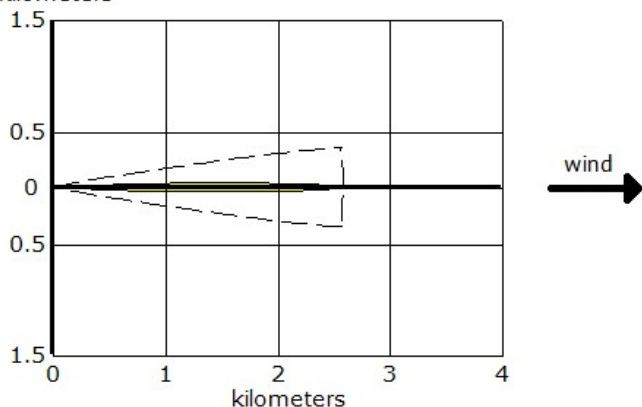
kilometers



-  greater than 400000 ppm (PAC-3)
-  greater than 230000 ppm (PAC-2)
-  greater than 65000 ppm (PAC-1)
-  wind direction confidence lines

Skenario Z₂₇ (flammable)

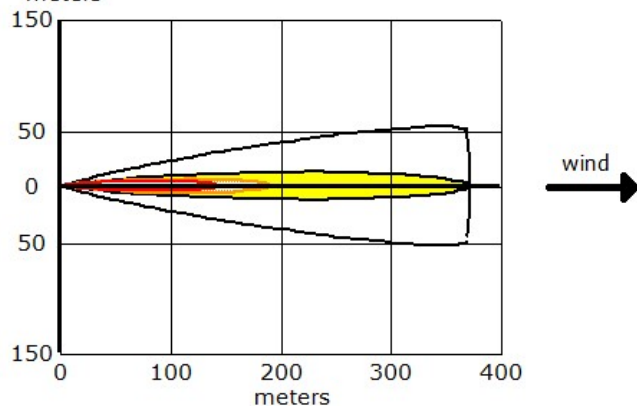
kilometers



- greater than 50000 ppm (LEL)
- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- — wind direction confidence lines

Skenario Z₂₇ (toxic)

meters



- greater than 400000 ppm (PAC-3)
- greater than 230000 ppm (PAC-2)
- greater than 65000 ppm (PAC-1)
- — wind direction confidence lines

LAMPIRAN III MAJOR HAZARD MANAGEMENT PLAN WORKSHEET PADA GAS PLANT

Risiko	Sebab	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penaggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect / Control</i>		<i>Mitigation</i>	
Ledakan	Kegagalan Sistem	Sertifikasi kompetensi pekerja	Pemasangan <i>Emergency Shutdown System</i> pada unit <i>flare</i>	Kebocoran	Sterilisasi area pada lokasi kebocoran	Pemasangan <i>methane detector</i> pada area <i>flare</i>
		Inspeksi secara rutin	Pemasangan alarm pada sistem		Dilarang merokok pada area <i>Flare</i>	Penyediaan <i>hydrocarbon detector</i> pada pemukiman padat penduduk
		Penerapan alur komunikasi yang efektif jika terjadi insiden	Pemasangan <i>flow and pressure alarm</i> pada unit <i>flare</i>		evakuasi warga sekitar	Pemasangan sirine untuk keadaan darurat pada area <i>flare</i>
	Kebocoran/ Kerusakan pada unit	Inspeksi secara rutin	Pemasangan <i>automatic shutdown valve</i> pada pipa	Kebakaran	Menggunakan APD lengkap sesuai standar	Menggunakan APD lengkap sesuai standar bagi pekerja

Risiko	Sebab	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penaggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect / Control</i>		<i>Mitigation</i>	
		Dilarang merokok pada area <i>Flare</i>	pemasangan rambu larangan merokok		Pengunaan <i>portable fire extinguisher</i>	Pemasangan sirine untuk keadaan darurat pada area <i>flare</i>
		perawatan secara berkala pada pipa dan unit <i>flare</i>	pemasangan <i>hydrocarbon detector</i> pada area <i>flare</i>		evakuasi pekerja pada area unit <i>flare</i>	penyediaan <i>portable fire extinguisher</i> pada sekitar unit <i>flare</i>
				Pipa berada di sisi jalan raya	pemasangan barikade pipa di area rawan kecelakaan	Pemasangan rambu rawan kecelakaan

Risiko	Sebab	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penaggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect / Control</i>		<i>Mitigation</i>	
Paparan Gas Beracun	Kegagalan Sistem	Sertifikasi kompetensi pekerja	Pemasangan <i>Emergency Shutdown System</i> pada unit <i>flare</i>	Kebocoran	Sterilisasi area pada lokasi kebocoran	pemasangan <i>pressure and flow alarm</i>
		Inspeksi secara rutin	Pemasangan alarm pada sistem		Evakuasi warga sekitar	Menggunakan APD lengkap sesuai standar bagi pekerja
		Penerapan alur komunikasi yang efektif jika terjadi insiden	Pemasangan <i>flow and pressure alarm</i> pada unit <i>flare</i>		Melakukan <i>emergency shutdown</i>	Penyediaan <i>hydrocarbon detector</i> pada pemukiman padat penduduk
	Kebocoran/ Kerusakan pada unit	Inspeksi secara rutin	Pemasangan <i>automatic shutdown valve</i> pada pipa	Kehilangan kesadaran pada manusia	Penggunaan <i>portable life support apparatus</i> pada saat terjadi kebocoran	penggunaan APD sesuai standar bagi pekerja
		Dilarang merokok pada area <i>Flare</i>	pemasangan rambu larangan merokok			Penyediaan <i>hydrocarbon detector</i> pada

Risiko	Sebab	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penaggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect / Control</i>		<i>Mitigation</i>	
						pemukiman padat penduduk
		perawatan secara berkala pada pipa dan unit <i>flare</i>	pemasangan <i>hydrocarbon detector</i> pada area <i>flare</i>	Pipa berada di sisi jalan raya	pemasangan barikade pipa di area rawan kecelakaan	Pemasangan rambu rawan kecelakaan

LAMPIRAN IV MAJOR HAZARD MANAGEMENT PLAN WORKSHEET PADA JALUR PIPA

Risiko	Sebab	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penaggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect / Control</i>		<i>Mitigation</i>	
Ledakan	Kegagalan Sistem	Sertifikasi kompetensi pekerja	Pemasangan <i>Emergency Shutdown System</i> pada jalur perpipaan	Kebocoran	Sterilisasi area pada lokasi kebocoran	Pemasangan <i>methane detector</i> pada area pemukiman sekitar
		Inspeksi secara rutin	Pemasangan alarm pada sistem		Dilarang merokok pada sekitar area kebocoran	Penyediaan <i>hydrocarbon detector</i> pada pemukiman padat penduduk
		Penerapan alur komunikasi yang efektif jika terjadi insiden	Pemasangan <i>flow and pressure alarm</i> pada jalur perpipaan		evakuasi warga sekitar	Pemasangan sirine untuk keadaan darurat pada area pemukiman
	kebocoran	Inspeksi secara rutin	Pemasangan <i>automatic</i>	Kebakaran	Menggunakan APD lengkap sesuai standar	Menggunakan APD lengkap sesuai

Risiko	Sebab	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penaggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect / Control</i>		<i>Mitigation</i>	
			<i>shutdown valve</i> pada pipa			standar bagi pekerja
		Dilarang merokok pada sekitar area kebocoran	Strelisasi pada saat terjadinya kebocoran		Pengunaan <i>portable fire extinguisher</i>	Pemasangan sirine untuk keadaan darurat pada area pemukiman padat
		perawatan secara berkala pada pipa	pemasangan <i>hydrocarbon detector</i> pada area pemukiman		evakuasi pekerja pada sekitar area kebocoran	penyediaan <i>portable fire extinguisher</i> pada area pemukiman
				Pipa berada di sisi jalan raya	pemasangan barikade pipa di area rawan kecelakaan	Pemasangan rambu rawan kecelakaan

Risiko	Sebab	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penaggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect / Control</i>		<i>Mitigation</i>	
Paparan Gas Beracun	Kegagalan Sistem	Sertifikasi kompetensi pekerja	Pemasangan <i>Emergency Shutdown System</i> pada jalur perpipaan	Kebocoran	Sterilisasi area pada lokasi kebocoran	pemasangan <i>pressure and flow alarm</i>
		Inspeksi secara rutin	Pemasangan alarm pada sistem		Evakuasi warga sekitar	Menggunakan APD lengkap sesuai standar bagi pekerja
		Penerapan alur komunikasi yang efektif jika terjadi insiden	Pemasangan <i>flow and pressure alarm</i> pada jalur perpipaan		Melakukan <i>emergency shutdown</i>	Penyediaan <i>hydrocarbon detector</i> pada pemukiman padat penduduk
	kebocoran	Inspeksi secara rutin	Pemasangan <i>automatic shutdown valve</i> pada perpipaan	Kehilangan kesadaran pada manusia	Penggunaan <i>portable life support apparatus</i> pada saat terjadi kebocoran	penggunaan APD sesuai standar bagi pekerja
		Dilarang merokok pada area kebocoran	Strelisasi pada saat terjadinya kebocoran			Penyediaan <i>hydrocarbon detector</i> pada

Risiko	Sebab	Penanggulangan Risiko		Bahaya	Penaggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		<i>Prevent</i>	<i>Detect / Control</i>		<i>Mitigation</i>	
						pemukiman padat penduduk
		perawatan secara berkala pada pipa	pemasangan <i>hydrocarbon detector</i> pada area pemukiman	Pipa berada di sisi jalan raya	pemasangan barikade pipa di area rawan kecelakaan	Pemasangan rambu rawan kecelakaan

LAMPIRAN V STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PADA GAS PLANT

Dilaksanakan oleh:	Standar Operasional Prosedur	
PT. Chevron Pacific Indonesia		
Kondisi:	<i>Emergency Hydrocarbon Release</i> pada unit <i>flare</i>	
Tujuan	Mengurangi potensi terjadinya ledakan	
	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon pada manusia	
Referensi	Hasil analisa dispersi program ALOHA	
Pelaksana	<i>Incident Response Team</i>	
	1	<i>Field Inspector</i>
	2	<i>Operation Team</i>
Prosedur	1	Melakukan <i>emergency shutdown</i>
	2	Menentukan arah angin dan kecepatannya dengan <i>continous monitoring system</i>
	3	Melakukan evakuasi pekerja pada area <i>flare</i> menuju <i>assembly point</i>
	4	Menggunakan <i>life support apparatus</i>

Dilaksanakan oleh:		Standar Operasional Prosedur
Pemerintah		
Kondisi:	Emergency Hydrocarbon Release pada unit flare	
Tujuan	Mengurangi potensi terjadinya ledakan	
	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon pada manusia	
Referensi	Hasil analisa dispersi program ALOHA	
Pelaksana	Incident Response Team	
	1	Camat terkait
	2	Pemadam kebakaran
Prosedur	1	Menentukan arah angin dan kecepatannya dengan continuous monitoring system
	2	Memastikan lokasi assembly point aman
	3	Mengarahkan evakuasi warga sekitar

LAMPIRAN VI STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR PADA JALUR PIPA

Dilaksanakan oleh:		Standar Operasional Prosedur
PT. Chevron Pacific Indonesia		
Kondisi:	Kebocoran pada pipa gas	
Tujuan	Mengurangi potensi terjadinya ledakan	
	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon pada manusia	
Referensi	Hasil analisa dispersi program ALOHA	
Pelaksana	Incident Response Team	
	1	Field Inspector
	2	Operation Team
Prosedur	1	Melakukan emergency shutdown pada valve dan melakukan flaring pada sisa gas di pipa
	2	Menentukan arah angin dan kecepatannya dengan continous monitoring system
	3	Melakukan identifikasi kebocoran dan menentukan langkah perbaikan yang diambil
	4	Menggunakan life support apparatus bagi pekerja yang berada disekitar lokasi kebocoran

Dilaksanakan oleh:		Standar Operasional Prosedur
Pemerintah		
Kondisi:	Kebocoran pada pipa gas	
Tujuan	Mengurangi potensi terjadinya ledakan	
	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon pada manusia	
Referensi	Hasil analisa dispersi program ALOHA	
Pelaksana	Incident Response Team	
	1	Camat terkait
	2	Pemadam kebakaran
Prosedur	1	Menentukan arah angin dan kecepataannya dengan <i>continous monitoring system</i>
	2	Memastikan lokasi <i>assembly point</i> aman
	3	Mengarahkan evakuasi warga sekitar

BIOGRAFI PENULIS



Bima Sakti Prayitno lahir di Duri, Riau pada tanggal 24 Oktober 1995. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari SD Cendana Duri pada tahun 2002-2008. Kemudian dilanjutkan di SMP Cendana Pekanbaru pada tahun 2008-2011 dan SMA Cendana Pekanbaru pada tahun 2011-2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan (FTSLK) ITS.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan seperti Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) dan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Selain organisasi, penulis juga aktif dalam kepanitiaan pada kegiatan yang diadakan himpunan mahasiswa. Penulis juga aktif dalam bidang minat bakat yaitu fotografi dan telah memenangkan beberapa kompetisi yang diadakan di ITS dan luar ITS. Penulis berkesempatan melakukan kerja praktik di PT. Pertamina RU II Dumai dan mengikuti pelatihan SMK3 pada tahun 2017. Penulis dapat dihubungi via email bsakti95@gmail.com.



KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)

Periode: Genap 2017/2018

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Jumat, 04-Mei-18

Nilai TOEFL 477

Pukul : 8.00-9.00 WIB

Lokasi : TL 103

Judul : Analisa Model Dispersi Hidrokarbon pada Jalur Distribusi Gas PT. Chevron Pacific Indonesia dengan Program ALOHA

Nama : Bima Sakti Prayitno

NRP. : 03211440000075

Topik : Penelitian Lapangan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
	<ul style="list-style-type: none">- Dasar teori & perhitungan Aloha.- Cek debit yg akan keluar, waktu- Cek suhu- Verifikasi model.- Manajemen Risiko- Faktor Pengali- DNV → Penyelesaian- Pada konversi terjelek → Penyelesaian tambahan- selanjutnya SOP- Risiko yg besar/penting → SOP- Tidak perlu manajemen data- Penjelasan emergency itu apa?- Threat zone yg hidrokarbon

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR

Periode: Genap 2017/2018

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis 12 Juli 2018

Pukul : 10.00 - 12.00 WIB

Lokasi : TL-101

Judul : Analisis Model Dispersi Metan (Ch4) pada Jalur Distribusi Gas PT. Chevron Pacific Indonesia dengan Program ALOHA

Nilai TOEFL 477

Nama : Bima Sakti Prayitno

NRP. : 03211440000075

Topik : Penelitian

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
	<p>- Kondisi existing terjelek bila release.</p> <p>- Simulasi terjelek</p> <p>- Lihat masukan dari Dosen Penguji</p> <p>} f. 29/18.</p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T.



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Bima Sakti Prayitno
NRP : 03211440000075
Judul Tugas Akhir : Analisis Model Dispersi Gas Metana pada Jalur Distribusi Gas
PT. Chevron Pacific Indonesia dengan Program ALOHA

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	15 Maret 2018	Perubahan manajemen data entri V_{mix} , $V_{rata-rata}$ dan V_{max} , dan perhitungan beban emisi	K
2	21 Maret 2018	- arah angin menggunakan arah angin dominan - kecepatan angin minimal sebesar 1,22 knot - beban emisi dengan $PV = 1.2.1$	K
3	28 Maret 2018	- hasil running semua skenario masukkan ke lampiran - Formasi: Pendirian TA	K
4	02 April 2018	- Evaluasi perhitungan beban emisi - hasil running pada ALOHA	K
5	23 April 2018	- tidak perlu ada manajemen data - perbaikan hitungan beban emisi	K
6	05 Mei 2018	- skenario berbasis windrose	K
7	09 Mei 2018	- ada pemilahan sebelum manajemen risiko	K
8	22 Mei 2018	- perbaikan skenario berbasis windrose	K
9	23 Mei 2018	- skenario tidak berbasis windrose, namun ada klasifikasi	K

Surabaya, 5 Juni 2018
Dosen Pembimbing

Dr. W. Rochmat Boedisonoso, M.T.



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

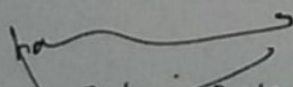
FORM FTA-05

FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

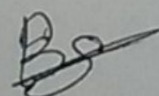
Nama : Bima Sahri Prayitno
NRP : 03211490000076
Judul Tugas Akhir : Analisis Model Dispersi Metan (CH_4) Saat Emergency Hydrocarbon Release Pada Jalur Distribusi Gas PT Chevron Pacific Indonesia

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Perhitungan Volume diubah dengan metode Simulasi	- Perhitungan Volume sudah diubah dengan metode Simulasi
2.	Kondisi terjelek saat release ditambahkan	- Kondisi terjelek sudah ditambahkan
3.	Pengubahan judul jadi lebih spesifik	- Judul sudah dilengkapi
4.	Penjelasan Manajemen Risiko untuk Penilaian ditambahkan	- Penjelasan tentang Penilaian Risiko sudah ditambahkan

Dosen Pembimbing,


Dr. Ir. Rachmat Bogdisantoso, MT

Mahasiswa Ybs.,


Bima Sahri Prayitno